36-C-39

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

Palchetto

36-C-39

Num.° d' ordine

B Prov
XXI
5

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÉCIS

DE L'HISTOIRE

DE L'ASTRONOMIE.

BIBLIOTECA PROVINCIALE NAPOLI

DE L'IMPRIMERIE DE HUZARD-COURCIER,
RUE DU JARDINET-SAINT-ANDRÉ-DES-ARCS, N° 12.

SBN
648454

PRÉCIS

DE L'HISTOIRE

DE L'ASTRONOMIE;

PAR M. LE MARQUIS DE LAPLACE,

Pair de France; Grand Officier de la Légion-d'Honneur; l'un des quarante de l'Académie française; de l'Académie des Sciences; Membre du Bureau des Longitudes de France; des Sociétés royales de Londres et de Gottingue; des Académies des Sciences de Russie, de Danemarck, de Suède, de Prusse, des Pays-Bas, d'Italie, etc.

BIBLIOTECA PROVINCIALE di NAPOLI

PARIS,

Mme Ve COURCIER, LIBRAIRE POUR LES SCIENCES,

RUE DU JARDINET-SAINT-ANDRÉ-DES-ARCS.

1821.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Digitized by Google

A

MONSIEUR DE HUMBOLDT,

Comme un faible hommage d'estime et de reconnaissance pour ses travaux importans dans les diverses branches de la Philosophie naturelle, et spécialement pour son Voyage aux parties équinoxiales du Nouveau Continent.

P. S. DE LAPLACE.

Digitized by Google

PRÉCIS

DE

L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE.

Multi pertransibunt, et augebitur scientia.
BACON.

Nous venons d'exposer les principaux résultats du système du monde, suivant l'ordre analytique le plus direct et le plus simple. Nous avons d'abord considéré les apparences des mouvemens célestes; et leur comparaison nous a conduits aux mouvemens réels qui les produisent. Pour nous élever au principe régulateur de ces mouvemens, il fallait connaître les lois du mouvement de la matière; et nous les avons développées avec étendue. En les appliquant ensuite aux corps du système solaire, nous avons reconnu qu'il existe entre eux, et même entre leurs plus petites molécules, une attraction proportionnelle aux masses et réciproque au carré des distances. Descendant enfin, de cette force universelle à ses effets; nous en avons vu naître,

non-seulement tous les phénomènes connus, ou simplement entrevus par les astronomes; mais encore un grand nombre d'autres entièrement nouveaux, et que l'observation a vérifiés.

Ce n'est pas ainsi que l'esprit humain est parvenu à ces découvertes. L'ordre précédent suppose que l'on a sous les yeux, l'ensemble des observations anciennes et modernes; et que pour les comparer et pour en déduire les lois des mouvemens célestes et les causes de leurs inégalités, on fait usage de toutes les ressources que présentent aujourd'hui, l'Analyse et la Mécanique. Mais ces deux branches de nos connaissances, s'étant perfectionnées successivement avec l'Astronomie; leur état à ses diverses époques, a nécessairement influé sur les théories astronomiques. Plusieurs hypothèses ont été généralement admises, quoique directement contraires aux lois fondamentales de la Mécanique, que l'on ne connaissait pas encore; et dans cette ignorance, on a élevé contre le vrai système du monde, qui perçait de toutes parts dans les phénomènes, des difficultés qui l'ont fait pendant long-temps méconnaître. Ainsi, la marche de l'Astronomie a été embarrassée, incertaine; et les vérités dont elle s'est enrichie, ont été souvent alliées à des erreurs que le temps, l'observation,

Digitized by Google

et le progrès des sciences accessoires en ont séparées. Nous allons ici donner un précis de son histoire : on y verra l'Astronomie, rester un grand nombre de siècles dans l'enfance ; en sortir et s'accroître dans l'école d'Alexandrie; stationnaire ensuite, jusqu'au temps des Arabes, se perfectionner par leurs travaux ; enfin abandonnant l'Afrique et l'Asie où elle avait pris naissance, se fixer en Europe, et s'élever en moins de trois siècles, à la hauteur où elle est maintenant parvenue. Ce tableau des progrès de la plus sublime des sciences naturelles, fera pardonner à l'esprit humain, l'Astrologie qui, dès la plus haute antiquité, s'était partout emparée de la faiblesse des hommes; mais que ces progrès ont fait pour toujours disparaître.

CHAPITRE PREMIER.

De l'Astronomie ancienne, jusqu'à la fondation de l'école d'Alexandrie.

Le spectacle du ciel dut fixer l'attention des premiers hommes, surtout dans les climats où la sérénité de l'air invitait à l'observation des astres. On eut besoin pour l'agriculture, de distinguer les saisons et d'en connaître le retour. On ne tarda pas à s'apercevoir que le lever et le coucher des principales étoiles, au moment où elles se plongent dans les rayons solaires, ou quand elles s'en dégagent, pouvaient servir à cet objet. Aussi voit-on chez presque tous les peuples, ce genre d'observations remonter jusqu'aux temps dans lesquels se perd leur origine. Mais quelques remarques grossières sur le lever et sur le coucher des étoiles, ne formaient point une science ; et l'Astronomie n'a commencé qu'à l'époque où les observations antérieures ayant été recueillies et comparées entre elles, et les mouvemens célestes ayant été suivis avec plus de soin

qu'on ne l'avait fait encore ; on essaya de déterminer les lois de ces mouvemens. Celui du soleil dans un orbe incliné à l'équateur, le mouvement de la lune, la cause de ses phases et des éclipses, la connaissance des planètes et de leurs révolutions, la sphéricité de la terre et sa mesure, ont pu être l'objet de cette antique Astronomie; mais le peu qui nous reste de ses monumens, est insuffisant pour en fixer l'époque et l'étendue. Nous pouvons seulement juger de sa haute antiquité, par les périodes astronomiques qui nous sont parvenues, et qui supposent une suite d'observations, d'autant plus longue, que ces observations étaient plus imparfaites. Telle a été la vicissitude des choses humaines, que celui des arts qui peut seul transmettre à la postérité, d'une manière durable, les événemens des siècles écoulés, l'imprimerie étant d'une invention moderne; le souvenir des premiers inventeurs s'est entièrement effacé. De grands peuples ont disparu sans laisser sur leur passage, des traces de leur existence. La plupart des cités les plus célèbres de l'antiquité, ont péri avec leurs annales, et avec la langue même que parlaient leurs habitans : à peine reconnaît-on la place où fut Babylone. De tant de monumens des arts et de l'industrie, qui décoraient ces cités, et qui pas-

saient pour les merveilles du monde, il ne reste plus qu'une tradition confuse et des débris épars dont l'origine est le plus souvent incertaine, mais dont la grandeur atteste la puissance des peuples qui ont élevé ces monumens.

Il paraît que l'Astronomie pratique des premiers temps se bornait aux observations du lever et du coucher des principales étoiles, de leurs occultations par la lune et par les planètes, et des éclipses. On suivait la marche du soleil, au moyen des étoiles qu'effaçait la lumière des crépuscules, et par les variations des ombres méridiennes des gnomons : on déterminait les mouvemens des planètes, par les étoiles dont elles s'approchaient dans leur cours. Pour reconnaître tous ces astres et leurs mouvemens divers, on partagea le ciel en constellations ; et cette zone céleste nommée *zodiaque*, dont le soleil, la lune et les planètes alors connues ne s'écartaient jamais, fut divisée dans les douze constellations suivantes :

Le Bélier, le Taureau, les Gémeaux,
l'Écrevisse, le Lion, la Vierge ;

La Balance, le Scorpion, le Sagittaire,
le Capricorne, le Verseau, les Poissons.

On les nomma *Signes*, parce qu'elles servaient à distinguer les saisons ; ainsi l'entrée du soleil dans la constellation du Bélier, marquait, au

temps d'Hipparque, l'origine du printemps : cet astre parcourait ensuite le Taureau, les Gémeaux, l'Ecrevisse, etc. Mais le mouvement rétrograde des équinoxes changea, quoiqu'avec lenteur, la correspondance des constellations avec les saisons; et à l'époque de ce grand astronome, elle était déjà fort différente de celle que l'on avait établie à l'origine du zodiaque. Cependant l'Astronomie, en se perfectionnant, ayant eu besoin de signes pour indiquer le mouvement des astres; on continua de désigner, comme Hipparque, l'origine du printemps, par l'entrée du soleil dans le Bélier. Alors on distingua les constellations, des signes du zodiaque, qui ne furent plus qu'une chose fictive, propre à indiquer la marche des corps célestes. Maintenant que l'on cherche à tout ramener aux notions et aux expressions les plus simples, on commence à ne plus considérer les signes du zodiaque; et l'on marque la position des astres sur l'écliptique, par leur distance à l'équinoxe du printemps.

Les noms des constellations du zodaique, ne leur ont point été donnés au hasard : ils ont exprimé des rapports qui ont été l'objet d'un grand nombre de recherches et de systèmes. Quelques-uns de ces noms paraissent être relatifs au mouvement du soleil : l'*Ecrevisse*, par exem-

ple, et le *Capricorne* indiquent la rétrogradation de cet astre aux solstices; et la *Balance* désigne l'égalité des jours et des nuits à l'équinoxe : les autres noms semblent se rapporter à l'agriculture et au climat du peuple chez lequel le zodiaque a pris naissance. Le *Capricorne* ou la constellation de la *Chèvre* paraît mieux placée au point le plus élevé de la course du soleil, qu'à son point le plus bas. Dans cette position qui remonte à quinze mille ans, la Balance était à l'équinoxe du printemps; et les constellations du zodiaque avaient des rapports frappans avec le climat de l'Egypte et avec son agriculture. Tous ces rapports subsisteraient encore, si les constellations du zodiaque, au lieu d'avoir été nommées d'après leur lever avec le soleil, ou au commencement du jour, l'eussent été d'après leur lever à l'entrée de la nuit; si, par exemple, le lever de la Balance à ce moment eût indiqué le commencement du printemps. L'origine du zodiaque, qui ne remonterait alors qu'à deux mille cinq cents ans avant notre ère, s'accorde beaucoup mieux que la précédente, avec le peu que nous savons, de l'antiquité des sciences et spécialement de l'Astronomie.

Les Chinois sont de tous les peuples, celui dont les annales nous offrent les plus anciennes

observations que l'on puisse employer dans l'Astronomie. Les premières éclipses dont elles font mention, ne peuvent servir qu'à la chronologie, par la manière vague dont elles sont rapportées; mais ces éclipses prouvent qu'à l'époque de l'empereur Yao, plus de deux mille ans avant notre ère, l'Astronomie était cultivée à la Chine, comme base des cérémonies. Le calendrier et l'annonce des éclipses, étaient d'importans objets pour lesquels on avait créé un tribunal de Mathématiques. On observait dès-lors, les ombres méridiennes du gnomon aux solstices, et le passage des astres au méridien : on mesurait le temps par des clepsydres; et l'on déterminait la position de la lune par rapport aux étoiles, dans les éclipses; ce qui donnait les positions sidérales du soleil et des solstices. On avait même construit des instrumens propres à mesurer les distances angulaires des astres. Par la réunion de ces moyens, les Chinois avaient reconnu que la durée de l'année solaire surpasse d'un quart de jour environ, trois cent soixante et cinq jours: ils la faisaient commencer au solstice d'hiver. Leur année civile était lunaire, et pour la ramener à l'année solaire, ils faisaient usage de la période de dix-neuf années solaires correspondantes à deux cent trente-cinq lunaisons,

période exactement la même que, plus de seize siècles après, Calippe introduisit dans le calendrier des Grecs. Leurs mois étant alternativement de vingt-neuf et de trente jours, leur année lunaire était de trois cent cinquante-quatre jours, et par conséquent plus courte de onze jours et un quart, que leur année solaire; mais dans l'année où la somme de ces différences aurait excédé une lunaison, ils intercalaient un mois. Ils avaient partagé l'équateur en douze signes immobiles, et en vingt huit constellations dans lesquelles ils déterminaient avec soin la position des solstices. Les Chinois avaient au lieu du siècle, un cycle de soixante ans; et un cycle de soixante jours, au lieu de la semaine; mais ce petit cycle de sept jours, en usage dans tout l'Orient, leur était connu depuis les temps les plus reculés. La division de la circonférence fut toujours en Chine, subordonnée à la longueur de l'année, de manière que le soleil décrivît exactement un degré par jour; mais les divisions du degré, du jour, des poids et de toutes les mesures linéaires, étaient décimales; et cet exemple donné depuis quatre mille ans au moins, par la plus nombreuse nation de la terre, prouve que ces divisions qui d'ailleurs offrent tant d'avantages, peuvent devenir par l'usage, extrêmement populaires.

Les premières observations utiles à l'Astronomie, sont de Tcheou-Kong dont la mémoire est encore en vénération à la Chine, comme celle de l'un des meilleurs princes qui l'aient gouvernée. Frère de Ou-Ouang fondateur de la dynastie des Tcheou, il régit l'empire après sa mort, pendant la minorité de son neveu, depuis l'an 1104 jusqu'à l'an 1098 avant notre ère. Confucius, dans le Chou-King, le livre le plus révéré des Chinois, fait adresser par ce grand prince à son pupille, les plus sages maximes du gouvernement et de la morale. Tcheou-Kong fit par lui-même et par ses astronomes, un grand nombre d'observations dont trois nous sont heureusement parvenues, et sont précieuses par leur haute antiquité. Deux d'entre elles sont des longueurs méridiennes du gnomon, observées avec un grand soin, aux solstices d'hiver et d'été, dans la ville de Loyang : elles donnent pour l'obliquité de l'écliptique, à cette ancienne époque, un résultat conforme à la théorie de la pesanteur universelle. L'autre observation est relative à la position du solstice d'hiver dans le ciel, à la même époque. Elle s'accorde pareillement avec la théorie, autant que le comportent les moyens employés alors pour déterminer un élément aussi délicat. Cet accord remarquable ne

permet pas de douter de l'authenticité de ces observations.

L'incendie des livres chinois, ordonné par l'empereur Chi-Hoanti, vers l'an 213 avant notre ère, fit disparaître les vestiges des anciennes méthodes du calcul des éclipses et beaucoup d'observations intéressantes : pour en retrouver qui puissent être utiles à l'Astronomie, il faut descendre d'environ quatre siècles depuis Tcheou-Kong, et se transporter en Chaldée. Ptolémée nous en a transmis plusieurs : les plus anciennes sont trois éclipses de lune, observées à Babylone, dans les années 719 et 720 avant notre ère, et dont il a fait usage pour déterminer les mouvemens de la lune. Sans doute, Hipparque et lui n'en avaient point de plus anciennes, qui fussent assez précises pour servir à ces déterminations dont l'exactitude est en raison de l'intervalle qui sépare les observations extrêmes. Cette considération doit diminuer nos regrets de la perte des observations chaldéennes qu'Aristote, si l'on en croit Porphire cité par Simplicius, se fit communiquer par l'entremise de Callisthène, et qui remontaient jusqu'à dix-neuf siècles avant Alexandre. Mais les Chaldéens n'ont pu découvrir que par une longue suite d'observations, la période de 6585 jours $\frac{1}{3}$, pendant

lesquels la lune fait 223 révolutions à l'égard du soleil, 239 révolutions anomalistiques, et 241 révolutions par rapport à ses nœuds. Ils ajoutaient $\frac{4}{135}$ de la circonférence, pour avoir le mouvement sidéral du soleil dans cet intervalle, ce qui suppose l'année sidérale de 365 jours $\frac{1}{4}$. Ptolémée, en rapportant cette période, l'attribue aux plus anciens mathématiciens; mais l'astronome Géminus, contemporain de Sylla, désigne les Chaldéens comme inventeurs de cette période, et il explique la manière dont ils en ont conclu le mouvement diurne de la lune, et la méthode par laquelle ils calculaient l'anomalie lunaire. Son témoignage ne doit laisser aucun doute, si l'on considère que le *saros* chaldéen, de 223 mois lunaires, qui ramène la lune à la même position à l'égard de ses nœuds, de son périgée et du soleil, fait partie de la période précédente. Ainsi les éclipses observées dans une période, fournissaient un moyen simple de prédire celles qui devaient avoir lieu dans les périodes suivantes. Cette période et la manière ingénieuse avec laquelle ils calculaient la principale inégalité lunaire, ont exigé un grand nombre d'observations comparées entre elles avec adresse : c'est le monument astronomique, le plus curieux avant la fondation de l'école d'Alexandrie. Voilà ce que

l'on connaît avec certitude, de l'Astronomie d'un peuple que l'antiquité regarda comme le plus instruit dans la science des astres. Les opinions des Chaldéens sur le système du monde, ont été très variées, comme cela devait être à l'égard d'objets que l'observation et la théorie n'avaient point encore éclairés. Cependant, quelques-uns de leurs philosophes plus heureux que les autres, ou guidés par des vues plus saines sur l'ordre et sur l'immensité de l'univers, ont pensé que les comètes étaient ainsi que les planètes, assujetties à des mouvemens réglés par des lois éternelles.

Nous avons très peu de renseignemens certains sur l'Astronomie des Egyptiens. La direction exacte des faces de leurs pyramides vers les quatre points cardinaux, donne une idée avantageuse de leur manière d'observer; mais aucune de leurs observations n'est parvenue jusqu'à nous. On doit être étonné que les astronomes d'Alexandrie aient été forcés de recourir aux observations chaldéennes; soit que la mémoire des observations égyptiennes ait dès-lors été perdue, soit que les Egyptiens n'aient pas voulu les communiquer, par un sentiment de jalousie qu'a pu faire naître la faveur des souverains pour l'école qu'ils avaient fondée. Avant cette époque, la

réputation de leurs prêtres avait attiré les premiers philosophes de la Grèce. Thalès, Pythagore, Eudoxe et Platon allèrent puiser chez eux, les connaissances dont ils enrichirent leur patrie; et il est vraisemblable que l'école de Pythagore leur fut redevable de quelques-unes des idées saines qu'elle professa sur la constitution de l'univers. Macrobe leur attribue expressément, la pensée des mouvemens de Mercure et de Vénus autour du soleil. Leur année civile était de trois cent soixante-cinq jours : elle était divisée en douze mois de trente jours, et ils ajoutaient à la fin, cinq jours complémentaires ou épagomènes. Mais suivant l'ingénieuse remarque de M. Fourier, l'observation des levers héliaques de Syrius, la plus brillante des étoiles, leur avait appris que le retour de ces levers retardait alors, chaque année, d'un quart de jour; et ils avaient fondé sur cette remarque, la période sothique de 1461 ans, qui ramenait à peu près aux mêmes saisons, leurs mois et leurs fêtes. Cette période s'est renouvelée dans l'an 139 de notre ère. Si elle a été précédée d'une période semblable, comme tout porte à le croire; l'origine de cette période antérieure remonterait à l'époque où l'on peut supposer avec vraisemblance que les Egyptiens ont donné des noms aux

constellations du zodiaque, et où ils ont fondé leur Astronomie. Ils avaient observé que dans vingt-cinq de leurs années, il y avait trois cent neuf retours de la lune au soleil; ce qui donne une valeur fort approchée de la longueur du mois. Enfin on voit par ce qui nous reste de leurs zodiaques, qu'ils observaient avec soin la position des solstices dans les constellations zodiacales. Suivant Dion Cassius, la semaine est due aux Egyptiens. Cette période est fondée sur le plus ancien système d'Astronomie, qui plaçait le soleil, la lune et les planètes, dans cet ordre de distances à la terre en commençant par la plus grande; Saturne, Jupiter, Mars, le Soleil, Vénus, Mercure, la Lune. Les parties successives de la série des jours divisés chacun en vingt-quatre parties, étaient consacrées dans le même ordre à ces astres. Chaque jour prenait son nom, de l'astre correspondant à sa première partie. La semaine se retrouve dans l'Inde parmi les Brames, et avec nos dénominations; et je me suis assuré que les jours nommés par eux et par nous de la même manière, répondent aux mêmes instans physiques. Cette période qui était en usage chez les Arabes, les Juifs, les Assyriens, et dans tout l'Orient, s'est renouvelée sans interruption et toujours la même, en traversant

les siècles et les révolutions des empires. Il est impossible parmi tant de peuples divers, d'en connaître l'inventeur : nous pouvons seulement affirmer qu'elle est le plus ancien monument des connaissances astronomiques. L'année civile des Egyptiens étant de 365 jours; il est facile de voir qu'en donnant à chaque année le nom de son premier jour, les noms de ces années seront à perpétuité ceux des jours de la semaine. C'est ainsi qu'ont dû se former ces semaines d'années, dont on voit l'usage chez les Hébreux, mais qui appartiennent évidemment à un peuple dont l'année était solaire et de 365 jours.

Les connaissances astronomiques paraissent avoir été la base de toutes les théogonies dont l'origine s'explique ainsi de la manière la plus simple. En Chaldée et dans l'ancienne Egypte, l'Astronomie ne fut cultivée que dans les temples, par des prêtres qui fondèrent sur elle, les superstitions dont ils étaient les ministres. L'histoire fabuleuse des héros et des dieux qu'ils présentaient à la crédule ignorance, n'était qu'une allégorie des phénomènes célestes et des opérations de la nature, allégorie que le pouvoir de l'imitation, l'un des principaux ressorts du monde moral, a perpétuée jusqu'à nous dans les institutions religieuses. Profitant pour consolider

leur empire, du désir si naturel de pénétrer dans l'avenir, ils créèrent l'Astrologie. L'homme porté par les illusions des sens, à se regarder comme centre de l'univers, se persuada facilement que les astres influent sur sa destinée, et qu'il est possible de la prévoir par l'observation de leurs aspects au moment de sa naissance. Cette erreur chère à son amour-propre, et nécessaire à son inquiète curiosité, est aussi ancienne que l'Astronomie : elle s'est maintenue jusqu'à la fin de l'avant-dernier siècle, époque à laquelle la connaissance généralement répandue du vrai système du monde, l'a détruite sans retour.

L'origine de l'Astronomie en Perse et dans l'Inde, se perd comme chez tous les peuples, dans les ténèbres des premiers temps de leur histoire. Les Tables indiennes supposent une Astronomie assez avancée; mais tout porte à croire qu'elles ne sont pas d'une haute antiquité. Ici je m'éloigne avec peine, de l'opinion d'un illustre et malheureux ami dont la mort, éternel sujet de regrets, est une preuve affreuse de l'inconstance de la faveur populaire. Après avoir honoré sa vie, par des travaux utiles aux sciences et à l'humanité, par ses vertus et par un noble caractère; il périt victime de la plus sanguinaire tyrannie, opposant le calme

et la dignité du juste, aux outrages d'un peuple dont il avait été l'idole. Les Tables indiennes ont deux époques principales qui remontent, l'une à l'année 3102 avant notre ère, l'autre à 1491. Ces époques sont liées par les mouvemens du soleil, de la lune et des planètes, de manière qu'en partant de la position que les Tables indiennes assignent à tous ces astres à la seconde époque, et remontant à la première au moyen de ces Tables, on trouve la conjonction générale qu'elles supposent à cette époque primitive. Le savant célèbre dont je viens de parler, Bailli, a cherché à établir dans son Traité de l'Astronomie indienne, que cette première époque était fondée sur les observations. Malgré ses preuves exposées avec la clarté qu'il a su répandre sur les matières les plus abstraites, je regarde comme très vraisemblable qu'elle a été imaginée pour donner dans le zodiaque, une commune origine aux mouvemens des corps célestes. Nos dernières Tables astronomiques, considérablement perfectionnées par la comparaison de la théorie avec un grand nombre d'observations très précises, ne permettent pas d'admettre la conjonction supposée dans les Tables indiennes; elles offrent même à cet égard, des différences beaucoup plus grandes que les erreurs dont elles

sont encore susceptibles. A la vérité, quelques élémens de l'Astronomie des Indiens, n'ont pu avoir la grandeur qu'ils leur assignent, que long-temps avant notre ère : il faut, par exemple, remonter jusqu'à six mille ans, pour retrouver leur équation du centre du soleil. Mais indépendamment des erreurs de leurs déterminations, on doit observer qu'ils n'ont considéré les inégalités du soleil et de la lune, que relativement aux éclipses, dans lesquelles l'équation annuelle de la lune s'ajoute à l'équation du centre du soleil, et l'augmente d'une quantité à peu près égale à la différence de sa véritable valeur, à celle des Indiens. Plusieurs élémens, tels que les équations du centre de Jupiter et de Mars, sont très différens dans les Tables indiennes, de ce qu'ils devaient être à leur première époque : l'ensemble de ces Tables, et surtout l'impossibilité de la conjonction générale qu'elles supposent, prouvent qu'elles ont été construites, ou du moins rectifiées dans des temps modernes. C'est ce qui résulte encore des moyens mouvemens qu'elles assignent à la lune par rapport à son périgée, à ses nœuds et au soleil, et qui plus rapides que suivant Ptolémée, indiquent qu'elles sont postérieures à cet astronome ; car on sait par la théorie de la

pesanteur universelle, que ces trois mouvemens s'accélèrent depuis un très grand nombre de siècles. Ainsi ce résultat de la théorie, si important pour l'Astronomie lunaire, sert encore à éclairer la chronologie. Cependant l'antique réputation des Indiens ne permet pas de douter qu'ils aient dans tous les temps, cultivé l'Astronomie. Lorsque les Grecs et les Arabes commencèrent à se livrer aux sciences, ils allèrent en puiser chez eux, les premiers élémens. C'est de l'Inde que nous vient l'ingénieuse méthode d'exprimer tous les nombres avec dix caractères, en leur donnant à la fois, une valeur absolue et une valeur de position; idée fine et importante, qui nous paraît maintenant si simple, que nous en sentons à peine, le mérite. Mais cette simplicité même, et l'extrême facilité qui en résulte pour tous les calculs, placent notre système d'arithmétique, au premier rang des inventions utiles; et l'on appréciera la difficulté d'y parvenir, si l'on considère qu'il a échappé au génie d'Archimède et d'Apollonius, deux des plus grands hommes dont l'antiquité s'honore.

Les Grecs n'ont commencé à cultiver l'Astronomie, que long-temps après les Egyptiens et les Chaldéens, dont ils ont été les disciples. Il est

difficile, à travers les fables qui remplissent les premiers siècles de leur histoire, de démêler leurs connaissances astronomiques. Leurs nombreuses écoles offrent très peu d'observateurs avant celle d'Alexandrie : ils y traitèrent l'Astronomie, comme une science purement spéculative, et en se livrant à de frivoles conjectures. Il est singulier qu'à la vue de cette foule de systèmes qui se combattaient sans rien apprendre, la réflexion très simple, que le seul moyen de connaître la nature, est de l'interroger par l'expérience, ait échappé à tant de philosophes dont plusieurs étaient doués d'un rare génie. Mais on en sera moins étonné, si l'on considère que les premières observations ne présentant que des faits isolés sans attrait pour l'imagination impatiente de remonter aux causes; elles ont dû se succéder avec une extrême lenteur. Il a fallu qu'une longue suite de siècles en accumulât un assez grand nombre, pour faire découvrir entre les phénomènes, des rapports qui s'étendant de plus en plus, réunissent à l'intérêt de la vérité, celui des spéculations générales auxquelles l'esprit humain tend sans cesse à s'élever.

Cependant, au milieu des rêves philosophiques des Grecs, on voit percer sur l'Astronomie, des idées saines qu'ils recueillirent dans

leurs voyages et qu'ils perfectionnèrent. Thalès né à Milet, l'an 640 avant notre ère, alla s'instruire en Egypte et revenu dans la Grèce, il fonda l'école Ionienne, et il y enseigna la sphéricité de la terre, l'obliquité de l'écliptique, et les véritables causes des éclipses du soleil et de la lune. On dit même qu'il parvint à les prédire, en employant sans doute, les méthodes ou les périodes que les prêtres égyptiens lui avaient communiquées.

Thalès eut pour successeurs, Anaximandre, Anaximène et Anaxagore. Les deux premiers introduisirent dans la Grèce, l'usage du gnomon et des cartes géographiques. Anaxagore fut persécuté par les Athéniens, pour avoir enseigné les vérités de l'école Ionienne. On lui reprocha d'anéantir l'influence des dieux sur la nature, en essayant d'assujettir ses phénomènes à des lois immuables. Proscrit avec ses enfans, il ne dut la vie, qu'aux soins de Périclès son disciple et son ami, qui parvint à faire changer la peine de mort, en exil. Ainsi la vérité pour s'établir sur la terre, a souvent eu à combattre des erreurs accréditées qui, plus d'une fois, ont été funestes à ceux qui l'ont fait connaître.

De l'école Ionienne sortit le chef d'une école beaucoup plus célèbre. Pythagore né à Sa-

mos vers l'an 590 avant notre ère, fut d'abord disciple de Thalès qui lui conseilla de voyager en Egypte où il se fit initier aux mystères des prêtres, pour connaître à fond leur doctrine. Ensuite, il alla sur les bords du Gange, interroger les Brachmanes. De retour dans sa patrie, le despotisme sous lequel elle gémissait alors, le força de s'en exiler, et il se retira en Italie où il fonda son école. Toutes les vérités astronomiques de l'école Ionienne furent enseignées avec plus de développement dans celle de Pythagore; mais ce qui la distingue principalement, est la connaissance des deux mouvemens de la terre, sur elle-même et autour du soleil. Pythagore l'enveloppa d'un voile, pour la cacher au vulgaire; mais elle il fut exposée dans un grand jour, par son disciple Philolaüs.

Suivant les Pythagoriciens, les comètes elles-mêmes sont en mouvement comme les planètes, autour du soleil : ce ne sont point des météores passagers formés dans notre atmosphère, mais des ouvrages éternels de la nature. Ces notions parfaitement justes du système du Monde, ont été saisies et présentées par Sénèque, avec l'enthousiasme qu'une grande idée sur l'un des objets les plus vastes des connaissances humaines, doit exciter dans l'âme du

philosophe : « Ne nous étonnons point, dit-il, » que l'on ignore encore la loi du mouvement » des comètes dont le spectacle est si rare; et » qu'on ne connaisse ni le commencement ni » la fin de la révolution de ces astres qui des- » cendent d'une énorme distance. Il n'y a pas » quinze cents ans que la Grèce a compté les » étoiles, et leur a donné des noms..... Le » jour viendra que par une étude suivie de » plusieurs siècles, les choses actuellement ca- » chées paraîtront avec évidence; et la postérité » s'étonnera que des vérités si claires nous aient » échappé. » On pensait encore dans la même école, que les planètes sont habitées, et que les étoiles sont des soleils disséminés dans l'espace, et les centres d'autant de systèmes planétaires. Ces vues philosophiques auraient dû par leur grandeur et par leur justesse, entraîner les suffrages de l'antiquité; mais ayant été accompagnées d'opinions systématiques, telles que l'harmonie des sphères célestes, et manquant d'ailleurs des preuves qu'elles ont acquises depuis par leur accord avec les observations; il n'est pas surprenant que leur vérité contraire aux illusions des sens, ait été méconnue.

La seule observation que l'histoire de l'Astronomie nous offre chez les Grecs, avant l'école

d'Alexandrie, est celle du solstice d'été de l'an 432 avant notre ère, par Méton et Euctemon. Le premier de ces astronomes se rendit célèbre par le cycle de dix-neuf années correspondantes à deux cent trente-cinq lunaisons, qu'il introduisit dans le calendrier. La méthode la plus simple de mesurer le temps, est celle qui n'emploie que les révolutions solaires; mais dans le premier âge des peuples, les phases de la lune offraient à leur ignorance, une division si naturelle du temps, qu'elle fut généralement admise. Ils réglèrent leurs fêtes et leurs jeux, sur le retour de ces phases; et quand les besoins de l'agriculture, les forcèrent de recourir au soleil, pour distinguer les saisons; ils ne renoncèrent point à l'ancien usage de mesurer le temps par les révolutions de la lune dont on pouvait ainsi connaître l'âge, par les jours du mois. Ils cherchèrent à établir entre les révolutions de cet astre et celles du soleil, un accord fondé sur des périodes qui renfermassent des nombres entiers de ces révolutions. La plus simple est celle de dix-neuf ans; Méton établit donc un cycle de dix-neuf années lunaires dont douze étaient communes ou de douze mois; les sept autres en avaient treize. Ces mois étaient inégaux et ordonnés de manière que sur les deux cent trente-

cinq mois du cycle, cent dix étaient de vingt-neuf jours, et cent vingt-cinq de trente jours. Cet arrangement proposé par Méton, à la Grèce assemblée dans les jeux olympiques, fut reçu avec un applaudissement universel, et unanimement adopté. Mais on ne tarda pas à s'apercevoir qu'à la fin d'une période, le nouveau calendrier retardait d'environ un quart de jour sur la nouvelle lune. Calippe proposa de quadrupler le cycle de dix-neuf ans, et d'en former une période de soixante et seize ans, à la fin de laquelle on retrancherait un jour. Cette période fut nommée *Calippique*, du nom de son auteur : quoique moins ancienne que le *saros* des Chaldéens, elle lui est inférieure pour l'exactitude.

Vers le temps d'Alexandre, Pythéas illustra Marseille sa patrie, comme géographe et comme astronome. On lui doit une observation de la longueur méridienne du gnomon, au solstice d'été dans cette ville : c'est la plus ancienne observation de ce genre, après celle de Tcheou-Kong. Elle est précieuse en ce qu'elle confirme la diminution successive de l'obliquité de l'écliptique. On doit regretter que les anciens astronomes n'aient pas fait un plus grand usage du gnomon qui comporte bien plus d'exactitude

que leurs armilles. En prenant quelques précautions faciles, pour niveler la surface sur laquelle l'ombre se projette, ils auraient pu nous laisser sur les déclinaisons du soleil et de la lune, des observations qui seraient maintenant fort utiles.

CHAPITRE II.

De l'Astronomie depuis la fondation de l'Ecole d'Alexandrie jusqu'aux Arabes.

Jusqu'ici l'Astronomie-pratique des divers peuples, n'a présenté que des observations relatives aux phénomènes des saisons et des éclipses, objets de leurs besoins ou de leurs frayeurs. Quelques périodes fondées sur de très longs intervalles de temps, et d'heureuses conjectures sur la constitution de l'univers, mêlées à beaucoup d'erreurs, formaient toute leur Astronomie théorique. Nous voyons pour la première fois, dans l'école d'Alexandrie, un système combiné d'observations faites avec des instrumens propres à mesurer des angles, et calculées par les méthodes trigonométriques. L'Astronomie prit alors une forme nouvelle que les siècles suivans n'ont fait que perfectionner. La position des étoiles fut déterminée avec plus d'exactitude qu'on ne l'avait fait encore : les inégalités des mouvemens du soleil et de la lune, furent mieux connues : on suivit avec soin les mouvemens des

planètes. Enfin, l'école d'Alexandrie donna naissance au premier système astronomique qui ait embrassé l'ensemble des phénomènes célestes; système, à la vérité, bien inférieur à celui de l'école de Pythagore; mais qui fondé sur la comparaison des observations, offrait dans cette comparaison même, le moyen de le rectifier et de s'élever au vrai système de la nature dont il est une ébauche imparfaite.

Après la mort d'Alexandre, ses principaux capitaines se divisèrent son empire, et Ptolémée Soter eut l'Egypte en partage. Son amour pour les sciences et ses bienfaits attirèrent dans Alexandrie, capitale de ses états, un grand nombre de savans de la Grèce. Héritier de son trône et de ses goûts, son fils Ptolémée Philadelphe les y fixa par une protection particulière. Il leur donna pour demeure, un vaste édifice qui renfermait un observatoire et cette fameuse bibliothèque formée par Démétrius de Phalère, avec tant de soins et de dépenses. Ayant ainsi les instrumens et les livres qui leur étaient nécessaires, ils se livraient sans distraction, à leurs travaux qu'excitait encore la présence du prince qui venait s'entretenir souvent avec eux. Le mouvement imprimé aux sciences par cette école, et les grands hommes qu'elle produisit ou qui lui

furent contemporains, font de l'époque des Ptolémées, l'une de plus mémorables de l'histoire de l'esprit humain.

Aristille et Timocharis furent les premiers observateurs de l'école d'Alexandrie : ils fleurirent vers l'an 300 avant notre ère. Leurs observations sur la position des principales étoiles du zodiaque, firent découvrir à Hipparque, la précession des équinoxes, et servirent de base à la théorie que Ptolémée donna de ce phénomène.

Le premier Astronome que cette école nous offre après eux, est Aristarque de Samos. Les élémens les plus délicats de l'Astronomie, paraissent avoir été l'objet de ses recherches : malheureusement, elles ne sont point parvenues jusqu'à nous. Le seul de ses ouvrages, qui nous reste, est son Traité *des grandeurs et des distances du soleil et de la lune*, dans lequel il expose la manière ingénieuse dont il essaya de déterminer le rapport de ces distances. Aristarque mesura l'angle compris entre les deux astres, au moment où il jugea l'exacte moitié du disque lunaire, éclairée. A cet instant, le rayon visuel mené de l'œil de l'observateur, au centre de la lune, est perpendiculaire à la ligne qui joint les centres de la lune et du soleil; ayant donc trouvé l'angle à l'observateur, plus petit

que l'angle droit, d'un trentième de cet angle; il en conclut que le soleil est dix-neuf fois plus éloigné de nous, que la lune; résultat qui malgré son inexactitude, reculait les bornes de l'univers, beaucoup au-delà de celles qu'on lui assignait alors. Dans ce Traité, Aristarque suppose les diamètres apparens du soleil et de la lune, égaux entre eux et à la 180me partie de la circonférence, valeur beaucoup trop grande; mais il corrigea dans la suite, cette erreur; car nous tenons d'Archimède, qu'il faisait le diamètre du soleil, égal à la 720me partie du zodiaque; ce qui tient le milieu entre les limites qu'Archimède lui-même, peu d'années après, assigna par un procédé très ingénieux, à ce diamètre. Cette correction fut inconnue à Pappus, géomètre célèbre d'Alexandrie, qui vécut dans le quatrième siècle, et qui commenta le traité d'Aristarque. Cela peut faire soupçonner que l'incendie d'une partie considérable de la bibliothèque d'Alexandrie, pendant le siége que César soutint dans cette ville, avait déjà fait disparaître la plupart des écrits d'Aristarque, ainsi qu'un grand nombre d'autres ouvrages également précieux.

Aristarque fit revivre l'opinion de l'école Pythagoricienne, sur le mouvement de la terre;

mais nous ignorons jusqu'à quel point il avait avancé par ce moyen, l'explication des phénomènes célestes. Nous savons seulement que ce judicieux astronome considérant que le mouvement de la terre n'affecte point d'une manière sensible, la position apparente des étoiles, les avait éloignées de nous, incomparablement plus que le soleil : il paraît être ainsi dans l'antiquité, celui qui eut les plus justes notions de la grandeur de l'univers. Elles nous ont été transmises par Archimède, dans son Traité de l'*Arénaire*. Ce grand géomètre avait découvert le moyen d'exprimer tous les nombres, en les concevant formés de périodes successives de myriades de myriades : les unités de la première étaient des unités simples : celles de la seconde, étaient des myriades de myriades, et ainsi de suite : il désignait les parties de chaque période, par les mêmes caractères que les Grecs employaient dans leur numération jusqu'à cent millions. Pour faire sentir l'avantage de sa méthode, Archimède se propose d'exprimer le nombre des grains de sable, que la sphère céleste peut contenir, problème dont il accroît la difficulté, en choisissant l'hypothèse qui donne à cette sphère, la plus grande étendue : c'est dans cette vue, qu'il expose le sentiment d'Aristarque.

La célébrité de son successeur Ératosthène, est due principalement à sa mesure de la terre ; elle est, en effet, la première tentative de ce genre, que nous offre l'histoire de l'Astronomie. Il est très vraisemblable que long-temps auparavant, on avait essayé de mesurer la terre ; mais il ne reste de ces opérations, que quelques évaluations de la circonférence terrestre, que l'on a cherché par des rapprochemens plus ingénieux que certains, à ramener à une même valeur à très peu près conforme à celle qui résulte des opérations modernes. Eratosthène ayant considéré qu'à Syène, au solstice d'été, le soleil éclairait un puits dans toute sa profondeur, et comparant cette observation à celle de la hauteur méridienne du soleil au même solstice à Alexandrie, trouva l'arc céleste compris entre les zéniths de ces deux villes, égal à la cinquantième partie de la circonférence ; et comme leur distance était estimée d'environ cinq mille stades, il donna deux cent cinquante deux mille stades, à la longueur entière du méridien terrestre. Il est peu probable que pour une recherche aussi importante, cet astronome se soit contenté de l'observation grossière d'un puits éclairé par le soleil. Cette considération et le récit de Cléomède, autorisent à penser qu'il fit

usage de l'observation des longueurs méridiennes du gnomon aux deux solstices d'hiver et d'été, à Syène et à Alexandrie. C'est la raison pour laquelle l'arc céleste qu'il détermina entre les zéniths de ces deux villes, s'éloigne peu du résultat des observations modernes. Mais la plus grande incertitude que laisse cette mesure de la terre, est relative à la valeur du stade employé par Eratosthène, et qu'il est difficile de reconnaître au milieu des stades nombreux qui furent en usage dans la Grèce.

Ératosthène mesura encore l'obliquité de l'écliptique, et il trouva la distance des tropiques, égale à onze parties de la circonférence divisée en quatre-vingt-trois : Hipparque et Ptolémée n'apportèrent aucun changement à cette valeur, par de nouvelles observations.

De tous les Astronomes de l'antiquité, celui qui par le grand nombre et par la précision des observations, par les conséquences importantes qu'il sut tirer de leur comparaison entre elles et avec les observations antérieures, et par la méthode qui le guida dans ses recherches, mérita le mieux de l'Astronomie, est Hipparque de Nicée en Bithynie, qui vécut dans le second siècle avant notre ère. Ptolémée à qui nous devons principalement la connaissance de ses

travaux, et qui s'appuie sans cesse sur ses observations et sur ses théories, le qualifie avec justice, d'*astronome d'une grande adresse, d'une sagacité rare, et sincère ami de la vérité.* Peu content de ce qu'on avait fait jusqu'alors, Hipparque voulut tout recommencer et n'admettre que des résultats fondés sur une nouvelle discussion des observations, ou sur des observations nouvelles plus exactes que celles de ses prédécesseurs. Rien ne fait mieux connaître l'incertitude des observations égyptiennes et chaldéennes sur le soleil et sur les étoiles, que la nécessité où il se trouva, d'employer celles des premiers astronomes d'Alexandrie, pour établir ses théories du soleil et de la précession des équinoxes. Il détermina la durée de l'année tropique, en comparant une de ses observations du solstice d'été, avec celle d'un pareil solstice, qu'Aristarque avait faite dans l'année 281 avant notre ère. Cette durée lui parut un peu moindre que l'année de 365j $\frac{1}{4}$ adoptée jusqu'alors, et il trouva qu'à la fin de trois siècles, il fallait retrancher un jour. Mais il remarqua lui-même le peu d'exactitude d'une détermination fondée sur les observations des solstices, et l'avantage de se servir pour cet objet, des observations des équinoxes. Celles qu'il fit dans un intervalle de

trente-trois ans, le conduisirent à peu près au même résultat. Hipparque reconnut encore que les deux intervalles d'un équinoxe à l'autre, étaient inégaux entre eux, et inégalement partagés par les solstices, de manière qu'il s'écoulait quatre-vingt-quatorze jours et demi, de l'équinoxe du printemps au solstice d'été, et quatre-vingt-douze jours et demi, de ce solstice à l'équinoxe d'automne.

Pour expliquer ces différences, Hipparque fit mouvoir le soleil uniformément dans un orbe circulaire; mais au lieu de placer la terre à son centre, il l'en éloigna de la vingt-quatrième partie du rayon, et il fixa l'apogée au sixième degré des Gémeaux. Avec ces données, il forma les premières Tables du soleil, mentionnées dans l'histoire de l'Astronomie. L'équation du centre, qu'elles supposent, était trop grande: on peut croire avec vraisemblance, que la comparaison des éclipses dans lesquelles cette équation paraît augmentée de l'équation annuelle de la lune, a confirmé Hipparque dans son erreur, et peut-être l'a produite; car cette erreur qui surpassait un sixième de la valeur entière de l'équation, se réduisait au seizième de cette valeur, dans le calcul de ces phénomènes. Il se trompait encore en supposant circulaire, l'orbe

elliptique du soleil, et en regardant comme uniforme, la vitesse réelle de cet astre. Nous sommes assurés aujourd'hui du contraire, par les mesures de son diamètre apparent; mais ce genre d'observations était impossible au temps d'Hipparque; et ses Tables du soleil, malgré leur imperfection, sont un monument durable de son génie, que Ptolémée respecta au point d'y assujettir ses propres observations.

Ce grand astronome considéra ensuite les mouvemens de la lune. Il détermina par la comparaison d'éclipses choisies dans les circonstances les plus favorables, les durées de ces révolutions relativement aux étoiles, au soleil, à ses nœuds et à son apogée. Il trouva qu'un intervalle de $126007^{j}\frac{1}{24}$ renfermait 4267 mois entiers, 4573 retours d'anomalie, 4612 révolutions sydérales de la lune moins $\frac{15}{720}$ de la circonférence. Il trouva de plus qu'en 5458 mois, la lune revenait 5923 fois au même nœud de son orbite. Ce résultat fruit d'un travail immense sur un très grand nombre d'observations dont il ne nous reste qu'une très petite partie, est peut-être, le monument le plus précieux de l'ancienne Astronomie, par son exactitude, et parce qu'il représente à cette époque, la durée sans cesse variable de ces révolutions. Hipparque détermina

encore, l'excentricité de l'orbe lunaire et son inclinaison à l'écliptique; et il les trouva les mêmes à très peu près, que celles qui ont lieu maintenant dans les éclipses, où l'on sait que l'un et l'autre de ces élémens sont diminués par l'évection et par l'inégalité principale du mouvement de la lune en latitude. La constance de l'inclinaison de l'orbe lunaire au plan de l'écliptique, malgré les variations que ce plan éprouve par rapport aux étoiles et qui par les observations anciennes, sont sensibles sur son obliquité à l'équateur, est un résultat de la pesanteur universelle, que les observations d'Hipparque confirment (*). Enfin il détermina la

(*) Képler a remarqué cette constance à la fin de son Epitome de l'Astronomie copernicienne; mais il la fonde sur une considération très singulière. « Il convient, dit-il, que la lune, planète secondaire et satellite de la terre, ait une inclinaison constante sur l'orbe terrestre, quelques variations que ce plan éprouve dans sa position relative aux étoiles; et si les observations anciennes sur les plus grandes latitudes de la lune et sur l'obliquité de l'écliptique se refusaient à cette hypothèse, il faudrait, plutôt que de la rejeter, les révoquer en doute. » Ici les raisons de convenance et d'harmonie, ont conduit Képler à un résultat juste; mais combien de fois ne l'ont-elle pas égaré? En se li-

parallaxe de la lune, dont il essaya de conclure celle du soleil, par la largeur du cône d'ombre terrestre, au point où la lune le traverse dans ses éclipses; ce qui le conduisit à la valeur de cette parallaxe, trouvée par Aristarque.

Hipparque fit un grand nombre d'observations des planètes; mais trop ami de la vérité, pour former sur leurs mouvemens, des hypothèses incertaines, il laissa le soin à ses successeurs, d'en établir les théories.

Une nouvelle étoile qui parut de son temps, lui fit entreprendre un catalogue de ces astres, pour mettre la postérité en état de reconnaître les changemens que le spectacle du ciel pourrait éprouver : il sentait d'ailleurs l'importance de ce catalogue, pour les observations de la lune et des planètes. La méthode dont il se servit, est celle qu'Aristille et Timocharis avaient déjà employée. Le fruit de cette longue et pénible entreprise, fut l'importante découverte de la

---

vrant ainsi à son imagination et à l'esprit de conjectures, on peut rencontrer la vérité par un heureux hasard; mais l'impossibilité de la reconnaître au milieu des erreurs dont elle est presque toujours accompagnée, laisse tout le mérite de sa découverte à celui qui l'établit solidement par l'observation et par le calcul, les seules bases des connaissances humaines.

précession des équinoxes. En comparant ses observations à celles de ces astronomes, Hipparque reconnut que les étoiles avaient changé de position par rapport à l'équateur, et qu'elles avaient conservé la même latitude au-dessus de l'écliptique. Il soupçonna d'abord que cela n'avait lieu que pour les étoiles situées dans le zodiaque; mais ayant observé qu'elles conservaient toutes, la même position respective, il en conclut que ce phénomène était général. Pour l'expliquer, il supposa dans la sphère céleste, autour des pôles de l'écliptique, un mouvement direct d'où résultait un mouvement rétrograde en longitude, dans les équinoxes comparés aux étoiles, mouvement qui lui parut être par siècle, de la trois-cent-soixantième partie du zodiaque. Mais il présenta sa découverte, avec la réserve que devait lui inspirer le peu d'exactitude des observations d'Aristille et de Timocharis.

La géographie est redevable à Hipparque, de la méthode de fixer la position des lieux sur la terre, par leur latitude et par leur longitude pour laquelle il employa le premier, les éclipses de lune. Les nombreux calculs qu'exigèrent toutes ces recherches, lui firent inventer ou du moins perfectionner la Trigonométrie sphérique. Malheureusement, les ouvrages qu'il composa

sur tous ces objets, ont disparu : nous ne connaissons bien ses travaux, que par l'Almageste de Ptolémée qui nous a transmis les principaux élémens des théories de ce grand astronome, et quelques-unes de ses observations. Leur comparaison avec les observations modernes, en a fait reconnaître l'exactitude; et l'utilité dont elles sont encore à l'Astronomie, fait regretter les autres, et particulièrement celles qu'il fit sur les planètes dont il ne reste que très peu d'observations anciennes. Le seul ouvrage d'Hipparque qui nous soit parvenu, est un Commentaire critique de la sphère d'Eudoxe, décrite dans le poëme d'Aratus : il est antérieur à la découverte de la précession des équinoxes. Les positions des étoiles sur cette sphère, sont si fautives; elles donnent pour l'époque de son origine, des résultats si différens; que l'on ne peut voir sans étonnement, Newton fonder sur ces positions grossières, un système de chronologie qui d'ailleurs s'écarte considérablement des dates assignées avec beaucoup de vraisemblance à plusieurs évènemens anciens.

L'intervalle de près de trois siècles, qui sépare Hipparque de Ptolémée, nous offre Géminus et Cléomède, dont les Traités d'Astronomie sont parvenus jusqu'à nous, et quelques obser-

vateurs tels qu'Agrippa, Ménélaüs et Théon de Smyrne. Nous remarquons encore dans cet intervalle, la réforme du calendrier romain, pour laquelle Jules-César fit venir d'Alexandrie, l'astronome Sosygène. La connaissance précise du flux et du reflux de la mer, paraît appartenir à cette époque : Possidonius reconnut les lois de ce phénomène qui par ses rapports évidens avec les mouvemens du soleil et de la lune, appartient à l'Astronomie, et dont Pline le naturaliste a donné une description remarquable par son exactitude.

Ptolémée né à Ptolémaïde en Égypte, fleurit à Alexandrie, vers l'an 130 de notre ère. Hipparque avait donné par ses nombreux travaux, une face nouvelle à l'Astronomie; mais il avait laissé à ses successeurs, le soin de rectifier ses théories par de nouvelles observations, et d'établir celles qui manquaient encore. Ptolémée suivit les vues d'Hipparque, et dans son grand ouvrage intitulé *Almageste*, il essaya de donner un système complet d'Astronomie.

Sa découverte la plus importante est celle de l'évection de la lune. Avant Hipparque, on n'avait considéré les mouvemens de cet astre, que relativement aux éclipses dans lesquelles il suffisait d'avoir égard à son équation du centre,

surtout en supposant avec cet astronome, l'équation du centre du soleil, plus grande que la véritable; ce qui remplaçait en partie, l'équation annuelle de la lune. Il paraît qu'Hipparque avait reconnu que cela ne représentait plus le mouvement de la lune dans ses quadratures, et que les observations offraient à cet égard, de grandes anomalies. Ptolémée suivit avec soin ces anomalies : il en détermina la loi, et il en fixa la valeur avec beaucoup de précision. Pour les représenter, il fit mouvoir la lune sur un épicycle porté par un excentrique dont le centre tournait autour de la terre, en sens contraire du mouvement de l'épicycle.

Ce fut dans l'antiquité, une opinion générale, que le mouvement uniforme et circulaire, comme le plus parfait, devait être celui des astres. Cette erreur s'est maintenue jusqu'à Kepler qu'elle arrêta pendant long-temps dans ses recherches. Ptolémée l'adopta, et plaçant la terre au centre des mouvemens célestes, il essaya de représenter leurs inégalités dans cette hypothèse. Que l'on imagine en mouvement sur une première circonférence dont la terre occupe le centre, celui d'une circonférence sur laquelle se meut le centre d'une troisième circonférence, et ainsi de suite jusqu'à la dernière que l'astre

décrit uniformément. Si le rayon d'une de ces circonférences surpasse la somme des autres rayons; le mouvement apparent de l'astre autour de la terre, sera composé d'un moyen mouvement uniforme, et de plusieurs inégalités dépendantes des rapports qu'ont entre eux, les rayons des diverses circonférences, et les mouvemens de leurs centres et de l'astre; on peut donc en multipliant et en déterminant convenablement ces quantités, représenter toutes les inégalités de ce mouvement apparent. Telle est la manière la plus générale d'envisager l'hypothèse des épicycles et des excentriques; car un excentrique peut être considéré comme un cercle dont le centre se meut autour de la terre, avec une vitesse plus ou moins grande, et qui devient nulle s'il est immobile. Les géomètres avant Ptolémée, s'étaient occupés des apparences du mouvement des planètes dans cette hypothèse; et l'on voit dans l'Almageste, que le grand géomètre Appollonius avait déjà résolu le problème de leurs stations et de leurs rétrogradations.

Ptolémée supposa le soleil, la lune et les planètes, en mouvement autour de la terre dans cet ordre de distances : la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne. Cha-

cune des planètes supérieures au soleil était mue sur un épicycle dont le centre décrivait autour de la terre, un excentrique, dans un temps égal à celui de le révolution de la planète. La période du mouvement de l'astre sur l'épicycle, était celle d'une révolution solaire; et il se trouvait toujours en opposition au soleil, lorsqu'il atteignait le point de l'épicycle, le plus près de la terre. Rien ne déterminait dans ce système, la grandeur absolue des cercles et des épicycles : Ptolémée n'avait besoin que de connaître le rapport du rayon de chaque épicycle, à celui du cercle décrit par son centre. Il faisait mouvoir pareillement chaque planète inférieure, sur un épicycle dont le centre décrivait un excentrique autour de la terre; mais le mouvement de ce point était égal au mouvement solaire, et la planète parcourait son épicycle, pendant un temps qui, dans l'Astronomie moderne, est celui de sa révolution autour du soleil : la planète était toujours en conjonction avec lui, lorsqu'elle parvenait au point le plus bas de son épicycle. Rien ne déterminait encore ici, la grandeur absolue des cercles et des épicycles. Les Astronomes antérieurs à Ptolémée, étaient partagés sur les rangs de Mercure et de Vénus dans le système planétaire. Les plus anciens

dont il suivit l'opinion, les mettaient au-dessous du soleil : les autres plaçaient ces astres au-dessus : enfin quelques Égyptiens les faisaient mouvoir autour du soleil. Il est singulier que Ptolémée n'ait pas fait mention de cette hypothèse qui revenait à égaler les excentriques de ces deux planètes, à l'orbe solaire. Si de plus, il avait supposé les épicycles des planètes supérieures égaux et parallèles à cet orbe; son système se serait réduit à faire mouvoir, comme Tycho-Brahé, toutes les planètes autour du soleil, pendant que cet astre circule autour de la terre; et il ne serait plus resté qu'un pas à faire, pour arriver au vrai système du monde. Cette manière de déterminer les arbitraires du système de Ptolémée, en y supposant égaux à l'orbe solaire, les cercles et les épicycles décrits par un mouvement annuel, rend évidente, la correspondance de ce mouvement avec celui du soleil. En modifiant ainsi ce système, il donne les distances moyennes des planètes à cet astre, en parties de sa distance à la terre; car ces distances sont les rapports des rayons des excentriques à ceux des épicycles pour les planètes supérieures, et des rayons des épicycles, aux rayons des excentriques pour les deux inférieures. Une modification aussi simple et aussi naturelle du système

de Ptolémée, a échappé à tous les astronomes jusqu'à Copernic : aucun d'eux ne paraît avoir été assez frappé des rapports du mouvement géocentrique des planètes avec celui du soleil, pour en rechercher la cause : aucun n'a été curieux de connaître leurs distances respectives au soleil et à la terre : on s'est contenté de rectifier par de nouvelles observations, les élémens déterminés par Ptolémée, sans rien changer à ses hypothèses.

Si l'on peut, au moyen des épicycles, satisfaire aux inégalités du mouvement apparent des astres ; il est impossible de représenter en même temps, les variations de leurs distances. Ptolémée ne pouvait connaître que très imparfaitement ces variations, relativement aux planètes dont il était impossible alors de mesurer les diamètres apparens. Mais les observations de la lune suffisaient pour lui montrer l'erreur de ses hypothèses suivant lesquelles le diamètre de la lune périgée dans les quadratures, serait double à très peu près de son diamètre apogée dans les syzygies. D'ailleurs, chaque inégalité nouvelle que l'art d'observer, en se perfectionnant, faisait découvrir, surchargeait son système, d'un nouvel épicycle ; ainsi loin d'avoir été confirmé par les progrès ultérieurs de l'Astronomie, il

n'a fait que se compliquer de plus en plus; et cela seul doit nous convaincre que ce système n'est point celui de la nature. Mais en le considérant comme un moyen de représenter les mouvemens célestes, et de les soumettre au calcul; cette première tentative sur un objet aussi vaste, fait honneur à la sagacité de son auteur. Telle est la faiblesse de l'esprit humain, qu'il a souvent besoin de s'aider d'hypothèses, pour lier entre eux les phénomènes, et pour en déterminer les lois : en bornant les hypothèses à cet usage, en évitant de leur attribuer de la réalité, et en les rectifiant sans cesse par de nouvelles observations; on parvient enfin aux véritables causes, ou du moins, on peut les suppléer et conclure des phénomènes observés, ceux que des circonstances données doivent développer. L'histoire de la philosophie nous offre plus d'un exemple des avantages que les hypothèses peuvent procurer sous ce point de vue, et des erreurs auxquelles on s'expose en les réalisant.

Ptolémée confirma le mouvement des équinoxes, découvert par Hipparque. En comparant ses observations à celles de ses prédécesseurs; il établit l'immobilité respective des étoiles, leur latitude à très peu près constante, et leur mouvement en longitude, qu'il trouva conforme à celui

qu'Hipparque avait soupçonné. Nous savons aujourd'hui que ce mouvement était beaucoup plus considérable; ce qui, vu l'intervalle qui sépare ces deux astronomes, semble supposer de grandes erreurs dans leurs observations. Malgré la difficulté que la détermination de la longitude des étoiles, présentait à des observateurs qui n'avaient point de mesures exactes du temps; on est surpris qu'ils aient commis ces erreurs, surtout quand on considère l'accord des observations que Ptolémée cite à l'appui de son résultat. On lui a reproché de les avoir altérées; mais ce reproche n'est point fondé. Son erreur sur le mouvement annuel des équinoxes, me paraît venir de sa trop grande confiance dans la durée qu'Hipparque assigne à l'année tropique. En effet, Ptolémée a déterminé la longitude des étoiles, en les comparant au soleil par le moyen de la lune, ou à la lune elle-même, ce qui revenait à les comparer au soleil, puisque le mouvement synodique de la lune était bien connu par les éclipses; or, Hipparque ayant supposé l'année trop longue, et par conséquent le mouvement du soleil par rapport aux équinoxes, plus petit que le véritable; il est clair que cette erreur a diminué les longitudes du soleil, dont Ptolémée a fait usage. Le mouvement annuel en

longitude, qu'il attribuait aux étoiles, doit donc être augmenté de l'arc décrit par le soleil, dans un temps égal à l'erreur d'Hipparque sur la longueur de l'année; et alors il devient à fort peu près ce qu'il doit être. L'année sidérale étant l'année tropique augmentée du temps nécessaire au soleil, pour décrire un arc égal au mouvement annuel des équinoxes; il est visible que l'année sidérale d'Hipparque et de Ptolémée, doit peu différer de la véritable : en effet, la différence n'est qu'un dixième de celle qui existe entre leur année tropique et la nôtre.

Ces remarques nous conduisent à examiner si, comme on le pense généralement, le catalogue de Ptolémée est celui d'Hipparque, réduit à son temps, au moyen d'une précession d'un degré dans quatre-vingt-dix ans. On se fonde sur ce que l'erreur constante des longitudes des étoiles de ce catalogue, disparaît quand on le rapporte au temps d'Hipparque; mais l'explication que nous venons de donner de cette erreur, justifie Ptolémée du reproche de s'être approprié l'ouvrage d'Hipparque ; et il paraît juste de l'en croire, lorsqu'il dit positivement qu'il a observé les étoiles de ce catalogue, celles mêmes de sixième grandeur. Il remarque en même temps, qu'il a retrouvé à très peu près les

positions des étoiles, qu'Hipparque avait déterminées par rapport à l'écliptique; et l'on est d'autant plus porté à le penser, que Ptolémée tend sans cesse à se rapprocher des résultats de ce grand astronome qui fut, en effet, bien plus exact observateur.

Ptolémée inscrivit dans le temple de Sérapis à Canope, les principaux élémens de son système astronomique. Ce système a subsisté pendant quatorze siècles : aujourd'hui même qu'il est entièrement détruit, l'Almageste considéré comme le dépôt des anciennes observations, est un des plus précieux monumens de l'antiquité. Malheureusement, il ne renferme qu'un petit nombre des observations faites jusqu'alors. Son auteur n'a rapporté que celles qui lui étaient nécessaires pour expliquer ses théories. Les Tables astronomiques une fois formées, il a jugé inutile de transmettre avec elles, à la postérité, les observations qu'Hipparque et lui avaient employées pour cet objet; et son exemple a été suivi par les Arabes et par les Perses. Les grands recueils d'observations précises rassemblées uniquement pour elles-mêmes et sans aucune application aux théories, appartiennent à l'Astronomie moderne, et sont l'un des moyens les plus propres à la perfectionner.

Ptolémée a rendu de grands services à la Géographie, en rassemblant toutes les déterminations de longitude et de latitude des lieux connus, et en jetant les fondemens de la méthode des projections, pour la construction des cartes géographiques. Il a fait un Traité d'Optique dans lequel il expose avec étendue le phénomène des réfractions astronomiques : il est encore auteur de divers ouvrages sur la Musique, la Chronologie, la Gnomonique et la Mécanique. Tant de travaux sur un si grand nombre d'objets, supposent un esprit vaste, et lui assurent un rang distingué dans l'histoire des sciences. Quand son système eut fait place à celui de la nature, on se vengea sur son auteur, du despotisme avec lequel il avait régné trop long-temps : on accusa Ptolémée de s'être approprié les découvertes de ses prédécesseurs. Mais la manière honorable dont il cite très souvent Hipparque à l'appui de ses théories, le justifie pleinement de cette inculpation. A la renaissance des lettres parmi les Arabes et en Europe, ses hypothèses réunissant à l'attrait de la nouveauté, l'autorité de ce qui est ancien, furent généralement adoptées par les esprits avides de connaissances, et qui se virent tout à coup en possession de celles que l'antiquité n'avait acquises que par de longs

travaux. Leur reconnaissance éleva trop haut Ptolémée qu'ensuite on a trop rabaissé. Sa réputation a éprouvé le même sort que celles d'Aristote et de Descartes : leurs erreurs n'ont pas été plutôt reconnues, que l'on a passé d'une admiration aveugle, à un injuste mépris; car dans les sciences mêmes, les révolutions les plus utiles n'ont point été exemptes de passion et d'injustice.

CHAPITRE III.

De l'Astronomie depuis Ptolémée, jusqu'à son renouvellement en Europe.

Les travaux de Ptolémée terminent les progrès de l'Astronomie dans l'école d'Alexandrie. Cette école subsista pendant cinq siècles encore ; mais les successeurs de Ptolémée se bornèrent à commenter ses ouvrages, sans rien ajouter à ses théories; et les phénomènes que le ciel offrit dans un intervalle de plus de six cents ans, manquèrent presque tous, d'observateurs. Rome pendant long-temps le séjour des vertus, de la gloire et des lettres, ne fit rien d'utile aux sciences. La considération attachée dans cette république, à l'éloquence et aux talens militaires, entraîna tous les esprits. Les sciences n'y présentant aucun avantage, durent être négligées au milieu des conquêtes que son ambition lui fit entreprendre, et de ses querelles intestines qui produisirent enfin les guerres civiles dans lesquelles son

inquiète liberté expira, et fut remplacée par le despotisme souvent orageux de ses Empereurs. Le déchirement de l'empire, suite inévitable de sa trop vaste étendue, amena sa décadence; et le flambeau des sciences éteint par les irruptions des barbares, ne se ralluma que chez les Arabes.

Ce peuple exalté par le fanatisme d'une religion nouvelle, après avoir étendu sa puissance et cette religion sur une grande partie de la terre, se fut à peine reposé dans la paix, qu'il se livra aux sciences avec ardeur. Vers le milieu du huitième siècle, le calife Almanzor encouragea d'une manière spéciale, l'Astronomie. Mais parmi les princes arabes qui se distinguèrent par leur amour pour les sciences, l'Histoire cite principalement Almamon, de la famille des Abassides et fils du fameux Aaron-al-Reschid. Almamon régnait à Bagdad en 814. Vainqueur de l'Empereur grec Michel III, il imposa pour une des conditions de la paix, qu'on lui fournirait les meilleurs livres de la Grèce : l'Almageste fut de ce nombre : il le fit traduire et répandit ainsi parmi les Arabes, les connaissances astronomiques qui avaient illustré l'école d'Alexandrie. Pour les perfectionner, il rassembla plusieurs Astronomes distingués qui après avoir

fait un grand nombre d'observations, publièrent de nouvelles Tables du Soleil et de la Lune, plus parfaites que celles de Ptolémée, et longtemps célèbres dans l'Orient, sous le nom de *Table vérifiée*. Dans cette table, le périgée solaire a la position qu'il devait avoir : l'équation du centre du soleil, beaucoup trop grande dans Hipparque, est réduite à sa véritable valeur; mais cette précision devenait alors une source d'erreurs dans le calcul des éclipses où l'équation annuelle de la lune, corrigeait en partie, l'inexactitude de l'équation du centre du soleil, adoptée par cet astronome. La durée de l'année tropique est plus exacte que celle d'Hipparque: elle est cependant trop courte d'environ deux minutes; mais cette erreur vient de ce que les auteurs de la Table vérifiée, comparèrent leurs observations à celles de Ptolémée : l'erreur aurait été presque nulle, s'ils eussent employé les observations d'Hipparque. C'est encore par cette raison, qu'ils supposèrent la précession des équinoxes, un peu trop grande.

Almamon fit mesurer avec un grand soin, dans une vaste plaine de la Mésopotamie, un degré terrestre que l'on trouva de deux cent mille cinq cents coudées noires. Cette mesure offre la même incertitude que celle d'Ératos-

thène, relativement à la longueur du module dont on fit usage. Toutes ces mesures ne peuvent maintenant nous intéresser, qu'en faisant connaître ces modules. Mais les erreurs dont ces opérations étaient alors susceptibles, ne permettent pas d'en retirer cet avantage qui ne peut résulter que de la précision des opérations modernes au moyen desquelles on pourra toujours retrouver nos mesures, si par la suite des temps, leurs étalons viennent à s'altérer.

Les encouragemens donnés à l'Astronomie, par Almamon et par ses successeurs, produisirent un grand nombre d'Astronomes arabes très recommandables, parmi lesquels Albatenius occupe une place distinguée. Ce prince arabe fit ses observations à Aracte, vers l'an 880. Son Traité *de la Science des Etoiles*, contient plusieurs observations intéressantes, et les principaux élémens des théories du soleil et de la lune : ils diffèrent très peu de ceux des Astronomes d'Almamon. Son ouvrage ayant été pendant long-temps, le seul traité connu de l'Astronomie arabe; on lui attribua les changemens avantageux qu'il apportait aux élémens des Tables de Ptolémée. Mais un fragment précieux extrait de l'Astronomie d'Ebn-Junis, et que M. Caussin a bien voulu traduire, à ma prière,

nous a fait connaître que ces changemens sont dus aux auteurs de la Table vérifiée. Il nous a dé plus, donné sur l'Astronomie arabe, des notions précises et fort étendues. Ebn-Junis Astronome du calife d'Égypte, Hakem, observait au Caire vers l'an mil. Il rédigea un grand traité d'Astronomie, et il construisit des Tables des mouvemens célestes, célèbres dans l'Orient par leur exactitude, et qui paraissent avoir servi de fondement aux Tables formées depuis par les Arabes et par les Perses. On voit dans ce fragment, depuis le siècle d'Almanzor jusqu'au temps d'Ebn-Junis, une longue suite d'observations d'éclipses, d'équinoxes, de solstices, de conjonctions de planètes et d'occultations d'étoiles, observations importantes pour la perfection des théories astronomiques, qui ont fait connaître l'équation séculaire de la lune, et répandu beaucoup de lumière sur les grandes variations du système du Monde. Ces observations ne sont encore qu'une faible partie de celles des Astronomes arabes dont le nombre a été prodigieux. Ils étaient parvenus à reconnaître l'inexactitude des observations de Ptolémée sur les équinoxes; et en comparant leurs observations, soit entre elles, soit avec celles d'Hipparque, ils avaient fixé avec une grande précision,

la longueur de l'année : celle d'Ebn-Junis n'excède pas de treize secondes, la nôtre qu'elle devait surpasser de cinq secondes. Il paraît par son ouvrage et par les titres de plusieurs manuscrits existans dans nos bibliothèques, que les Arabes s'étaient spécialement occupés de la perfection des instrumens astronomiques : les traités qu'ils ont laissés sur cet objet, prouvent l'importance qu'ils y attachaient, et cette importance garantit la justesse de leurs observations. Ils donnèrent encore une attention particulière à la mesure du temps, par des clepsydres, par d'immenses cadrans solaires, et même par les vibrations du pendule. Malgré cela, leurs observations d'éclipses présentent presque autant d'incertitude, que celles des Chaldéens et des Grecs; et leurs observations du soleil et de la lune, sont loin d'avoir sur celles d'Hipparque, une supériorité qui puisse compenser l'avantage de la distance qui nous sépare de ce grand observateur. L'activité des astronomes arabes bornée aux observations, ne s'est point étendue à la recherche de nouvelles inégalités; et sur ce point, ils n'ont rien ajouté aux hypothèses de Ptolémée. Cette vive curiosité qui nous attache aux phénomènes, jusqu'à ce que les lois et la cause en soient parfaitement con-

nues, caractérise les savans de l'Europe moderne.

Les Perses soumis long-temps aux mêmes souverains que les Arabes, et professant la même religion, secouèrent vers le milieu du onzième siècle, le joug des califes. A cette époque, leur calendrier reçut par les soins de l'astronome Omar-Cheyan; une forme nouvelle fondée sur l'intercalation ingénieuse de huit années bissextiles en trente-trois ans, intercalation que Dominique Cassini, à la fin de l'avant-dernier siècle, proposa comme plus exacte et plus simple que l'intercalation grégorienne, ignorant que les Perses la connaissaient depuis long-temps. Dans le treizième siècle, Holagu-Ilccoukan, un de leurs souverains, rassembla les astronomes les plus instruits, à Maragha où il fit construire un magnifique observatoire dont il confia la direction à Nassiredin. Mais aucun prince de cette nation ne se distingua plus par son zèle pour l'Astronomie, qu'Ulugh-Beigh que l'on doit mettre au rang des plus grands observateurs. Il dressa lui-même à Samarcande capitale de ses états, un nouveau catalogue d'étoiles, et les meilleures Tables astronomiques que l'on ait eues avant Ticho-Brahé. Il mesura en 1437, avec un grand instrument, l'obliquité

de l'écliptique; et son résultat corrigé de la réfraction et de la fausse parallaxe qu'il avait employée, donne cette obliquité plus grande qu'au commencement de ce siècle; ce qui confirme sa diminution successive.

Les annales de la Chine nous ont offert les plus anciennes observations astronomiques : elles nous présentent encore vingt-quatre siècles après, les observations les plus précises que l'on ait faites avant le renouvellement de l'Astronomie, et même avant l'application du télescope au quart de cercle. On a vu que l'année astronomique des Chinois, commençait au solstice d'hiver; et que pour en fixer l'origine, on observa dans tous les temps, les ombres méridiennes du gnomon vers les solstices. Gaubil, l'un des plus savans et des plus judicieux missionnaires Jésuites envoyés dans cet empire, nous a fait connaître une suite d'observations de ce genre, qui s'étendent depuis l'an 1100 avant notre ère, jusqu'en 1280 après. Elles indiquent avec évidence, la diminution de l'obliquité de l'écliptique qui dans ce long intervalle, a été d'un millième de la circonférence. Tsoutchong, l'un des plus habiles astronomes chinois, comparant les observations qu'il fit à Nankin en 461, avec celles que l'on avait faites

à Loyang, dans l'année 173, détermina la grandeur de l'année tropique, plus exactement que ne l'avaient fait les Grecs et même les astronomes d'Almamon : il la trouva de 365j,24282, la même à très peu près que celle de Copernic. Pendant qu'Holagu-Ilecoukan faisait fleurir l'Astronomie en Perse, son frère Cobilai, fondateur en 1271, de la dynastie des Yven, lui accordait la même protection à la Chine : il nomma chef du tribunal des Mathématiques, Cocheou-King, le premier des astronomes chinois. Ce grand observateur fit construire des instrumens beaucoup plus exacts que ceux dont on avait fait usage jusqu'alors : le plus précieux de tous était un gnomon de quarante pieds chinois, terminé par une plaque de cuivre, verticale et percée par un trou du diamètre d'une aiguille. C'est du centre de cette ouverture, que Cocheou-King comptait la hauteur du gnomon : il mesurait l'ombre, jusqu'au centre de l'image du soleil. « Jusqu'ici, dit-il, » on n'observait que le bord supérieur du so- » leil, et l'on avait de la peine à distinguer le » terme de l'ombre : d'ailleurs, le gnomon de » huit pieds dont on s'est constamment servi, » est trop court. Ces motifs m'ont porté à faire » usage d'un gnomon de quarante pieds, et à

» prendre le centre de l'image. » Gaubil, dont nous tenons ces détails, nous a communiqué plusieurs de ces observations faites depuis 1277 jusqu'en 1280 : elles sont précieuses par leur exactitude, et prouvent d'une manière incontestable, les diminutions de l'obliquité de l'écliptique, et de l'excentricité de l'orbe terrestre, depuis cette époque jusqu'à nos jours. Cocheou-King détermina avec une précision remarquable, la position du solstice d'hiver par rapport aux étoiles en 1280 : il le faisait coïncider avec l'apogée du soleil, ce qui avait eu lieu trente ans auparavant : la grandeur qu'il supposait à l'année, est exactement celle de notre année grégorienne. Les méthodes chinoises pour le calcul des éclipses, sont inférieures à celles des Arabes et des Perses : les Chinois n'ont point profité des connaissances acquises par ces peuples, malgré leurs communications fréquentes avec eux ; ils ont étendu à l'Astronomie elle-même, l'attachement constant qu'ils portent à leurs anciens usages.

L'histoire de l'Amérique, avant sa conquête par les Espagnols, nous offre quelques vestiges d'Astronomie ; car les notions les plus élémentaires de cette science, ont été chez tous les peuples, les premiers fruits de leur civilisation.

Les Mexicains avaient au lieu de la semaine, une petite période de cinq jours : leurs mois étaient chacun de vingt jours, et dix-huit de ces mois formaient leur année qui commençait au solstice d'hiver, et à laquelle ils ajoutaient cinq jours complémentaires. Il y a lieu de penser qu'ils composaient de la réunion de cent quatre ans, un grand cycle dans lequel ils intercalaient vingt-cinq jours. Cela suppose une durée de l'année tropique, plus exacte que celle d'Hipparque, et, ce qui est remarquable, elle est la même à très peu près que l'année des astronomes d'Almamon. Les Péruviens et les Mexicains observaient avec soin, les ombres du gnomon, aux solstices et aux équinoxes : ils avaient même élevé pour cet objet, des colonnes et des pyramides. Cependant, quand on considère la difficulté de parvenir à une détermination aussi exacte de la longueur de l'année; on est porté à croire qu'elle n'est pas leur ouvrage, et qu'elle leur est venue de l'ancien continent. Mais de quel peuple et par quel moyen l'ont-ils reçue? Pourquoi, si elle leur a été transmise par le nord de l'Asie, ont-ils une division du temps, si différente de celles qui ont été en usage dans cette partie du monde? Ce sont des questions qu'il paraît impossible de résoudre.

Il existe dans les nombreux manuscrits que renferment nos bibliothèques, beaucoup d'observations anciennes encore inconnues, qui répandraient un grand jour sur l'Astronomie, et spécialement sur les inégalités séculaires des mouvemens célestes. Leur recherche doit fixer l'attention des savans versés dans les langues orientales; car les grandes variations du système du monde, ne sont pas moins intéressantes à connaître, que les révolutions des empires. La postérité qui pourra comparer une longue suite d'observations très exactes, à la théorie de la pesanteur universelle, jouira de leur accord, beaucoup mieux que nous à qui l'antiquité n'a laissé que des observations le plus souvent incertaines. Mais ces observations soumises à une saine critique, peuvent, du moins en partie, compenser par leur nombre, les erreurs dont elles sont susceptibles, et nous tenir lieu d'observations précises; de même qu'en Géographie, pour fixer la position des lieux, on supplée les observations astronomiques, en comparant entre elles les diverses relations des voyageurs. Ainsi, quoique le tableau que nous offre la série des observations depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours, soit fort imparfait; cependant on y voit d'une manière très

sensible, les variations de l'excentricité de l'orbe terrestre, et de la position de son périgée; celles des mouvemens séculaires de la lune, par rapport à ses nœuds, à son périgée et au soleil; enfin les variations des élémens des orbes planétaires. La diminution successive de l'obliquité de l'écliptique pendant près de trois mille ans, est surtout remarquable dans la comparaison des observations de Tcheou-Kong, de Pythéas, d'Ebn-Junis, de Cocheou-King, d'Ulugh-Beigh, et des modernes.

CHAPITRE IV.

De l'Astronomie dans l'Europe moderne.

C'est principalement aux Arabes, que l'Europe moderne doit les premiers rayons de lumière, qui ont dissipé les ténèbres dont elle a été enveloppée pendant plus de douze siècles. Ils nous ont transmis avec gloire, le dépôt des connaissances qu'ils avaient reçues des Grecs disciples eux-mêmes des Égyptiens. Mais par une fatalité déplorable, elles ont disparu chez tous ces peuples, à mesure qu'ils les ont communiquées. Depuis long-temps, le despotisme étendant sa barbarie sur les belles contrées qui furent le berceau des sciences et des arts, en a effacé jusqu'au souvenir des grands hommes qui les ont illustrées.

Alphonse, roi de Castille, fut un des premiers souverains qui encouragèrent l'Astronomie renaissante en Europe. Cette science compte peu de protecteurs aussi zélés; mais il fut mal secondé par les astronomes qu'il avait réunis; et les Tables qu'ils publièrent, ne répondirent

point aux dépenses excessives qu'elles avaient occasionnées. Doué d'un esprit juste, Alphonse était choqué de l'embarras des cercles et des épicycles dans lesquels on faisait mouvoir les corps célestes : *Si Dieu*, disait-il, *m'avait appelé à son conseil, les choses eussent été dans un meilleur ordre.* Par ces mots qui furent taxés d'impiété, il faisait entendre que l'on était encore loin de connaître le mécanisme de l'univers. Au temps d'Alphonse, l'Europe dut aux encouragemens de Frédéric II, empereur d'Allemagne, la première traduction latine de l'Almageste de Ptolémée, que l'on fit sur la version arabe.

Nous arrivons enfin à l'époque où l'Astronomie sortant de la sphère étroite qui l'avait renfermée jusqu'alors, s'éleva par des progrès rapides et continus, à la hauteur où nous la voyons. Purbach, Regiomontanus et Walterus préparèrent ces beaux jours de la science, et Copernic les fit naître par l'explication heureuse des phénomènes célestes, au moyen des mouvemens de la terre, sur elle-même et autour du soleil. Choqué comme Alphonse, de l'extrême complication du système de Ptolémée, il chercha dans les anciens philosophes, une disposition plus simple de l'univers; il reconnut que plusieurs

d'entre eux, avaient mis Vénus et Mercure, en mouvement autour du soleil; que Nicetas, au rapport de Cicéron, faisait tourner la terre sur son axe, et par ce moyen, affranchissait la sphère céleste, de l'inconcevable vitesse qu'il fallait lui supposer pour accomplir sa révolution diurne. Aristote et Plutarque lui apprirent que les Pythagoriciens faisaient mouvoir la terre et les planètes, autour du soleil qu'ils plaçaient au centre du monde. Ces idées lumineuses le frappèrent : il les appliqua aux observations astronomiques que le temps avait multipliées; et il eut la satisfaction de les voir se plier sans effort, à la théorie du mouvement de la terre. La révolution diurne du ciel ne fut qu'une illusion due à la rotation de la terre, et la précession des équinoxes se réduisit à un mouvement dans l'axe terrestre. Les cercles imaginés par Ptolémée, pour expliquer les mouvemens directs et rétrogrades des planètes, disparurent : Copernic ne vit dans ces singuliers phénomènes, que des apparences produites par la combinaison du mouvement de la terre autour du soleil, avec celui des planètes; et il en conclut les dimensions respectives de leurs orbes, jusqu'alors ignorées. Enfin, tout annonçait dans ce système, cette belle simplicité qui nous charme dans les

moyens de la nature, quand nous sommes assez heureux pour les connaître. Copernic le publia dans son ouvrage sur les *Révolutions célestes :* pour ne pas révolter les préjugés reçus, il le présenta comme une hypothèse. « Les astro-
» nomes, dit-il, dans sa dédicace au pape
» Paul III, s'étant permis d'imaginer des cer-
» cles pour expliquer les mouvemens des astres;
» j'ai cru pouvoir également examiner si la sup-
» position du mouvement de la terre, rend plus
» exacte et plus simple, la théorie de ces mou-
» vemens. »

Ce grand homme ne fut pas témoin du succès de son ouvrage : il mourut presque subitement, à l'âge de soixante-onze ans, après en avoir reçu le premier exemplaire. Né à Thorn, dans la Prusse polonaise, le 19 février 1473, il apprit dans la maison paternelle, les langues grecque et latine; et il alla continuer ses études à Cracovie. Ensuite entraîné par son goût pour l'Astronomie, et par la réputation que Regiomontanus avait laissée ; le désir de s'illustrer dans la même carrière, lui fit entreprendre le voyage de l'Italie où cette science était enseignée avec succès. Il suivit à Bologne, les leçons de Dominique Maria : il obtint ensuite une place de professeur à Rome où il fit diverses observa-

tions : enfin, il quitta cette ville pour se fixer à Fravenberg où son oncle, alors évêque de Warmie, le pourvut d'un canonicat. Ce fut dans ce tranquille séjour, que par trente-six ans d'observations et de méditations, il établit sa théorie du mouvement de la terre. A sa mort, il fut inhumé dans la cathédrale de Fravenberg, sans pompe et sans épitaphe; mais sa mémoire subsistera aussi long-temps que les grandes vérités qu'il a reproduites avec une évidence qui, enfin, a dissipé les illusions des sens, et surmonté les difficultés que leur opposait l'ignorance des lois de la Mécanique.

Ces vérités eurent encore à vaincre des obstacles d'un autre genre, et qui naissant d'un fonds respecté, les auraient étouffées; si les progrès rapides de toutes les sciences mathématiques n'eussent concouru à les affermir. La religion fut invoquée pour détruire un système astronomique, et l'on tourmenta par des persécutions réitérées, l'un de ses défenseurs, dont les découvertes honoraient l'Italie. Réthicus, disciple de Copernic, fut le premier qui en adopta les idées; mais elles ne prirent une grande faveur, que vers le commencement du dix-septième siècle; et elles la durent principalement aux travaux et aux malheurs de Galilée.

Un heureux hasard venait de faire trouver le plus merveilleux instrument que l'industrie humaine ait découvert, et qui en donnant aux observations astronomiques, une étendue et une précision inespérées, a fait apercevoir dans les cieux, des inégalités nouvelles et de nouveaux mondes. Galilée eut à peine connaissance des premiers essais sur le télescope, qu'il s'attacha à le perfectionner. En le dirigeant vers les astres, il découvrit les quatre satellites de Jupiter, qui lui montrèrent une nouvelle analogie de la terre avec les planètes : il reconnut ensuite les phases de Vénus, et dès-lors, il ne douta plus de son mouvement autour du soleil. La voie lactée lui offrit un nombre infini de petites étoiles que l'irradiation confond à la vue simple, dans une lumière blanche et continue : les points lumineux qu'il aperçut au-delà de la ligne qui sépare la partie éclairée, de la partie obscure de la lune, lui firent connaître l'existence et la hauteur de ses montagnes. Enfin, il observa les taches et la rotation du soleil, et les apparences singulières occasionnées par l'anneau de Saturne. En publiant ces découvertes, il fit voir qu'elles démontraient le mouvement de la terre; mais la pensée de ce mouvement fut déclarée contraire aux dogmes religieux, par une

congrégation de cardinaux; et Galilée, son plus célèbre défenseur en Italie, fut cité au tribunal de l'inquisition, et forcé de se rétracter, pour échapper à une prison rigoureuse.

Une des plus fortes passions est l'amour de la vérité dans l'homme de génie. Plein de l'enthousiasme qu'une grande découverte lui inspire, il brûle de la répandre; et les obstacles que lui opposent l'ignorance et la superstition armées du pouvoir, ne font que l'irriter et accroître son énergie. D'ailleurs, il s'agissait d'une vérité qui, pour nous, est du plus haut intérêt, par le rang qu'elle assigne au globe que nous habitons. S'il est, en effet, immobile au milieu de l'univers; l'homme a le droit de se regarder comme le principal objet des soins de la nature: toutes les opinions fondées sur cette prérogative, méritent son examen: il peut raisonnablement chercher à découvrir les rapports que les astres ont avec sa destinée. Mais si la terre n'est qu'une des planètes qui circulent autour du soleil; cette terre déjà si petite dans le système solaire, disparaît entièrement dans l'immensité des cieux dont ce système, tout vaste qu'il nous semble, n'est qu'une partie insensible. Galilée convaincu de plus en plus par ses observations, du mouvement de la terre, médita long-temps

un nouvel ouvrage dans lequel il se proposait d'en développer les preuves. Mais pour se dérober à la persécution dont il avait failli être victime, il imagina de les présenter sous la forme de dialogues entre trois interlocuteurs dont l'un défendait le système de Copernic, combattu par un péripatéticien. On sent que tout l'avantage restait au défenseur de ce système ; mais Galilée ne prononçant point entre eux, et faisant valoir autant qu'il était possible, les objections des partisans de Ptolémée, devait s'attendre à jouir de la tranquillité que lui méritaient ses travaux et son grand âge. Le succès de ces dialogues, et la manière triomphante avec laquelle toutes les difficultés contre le mouvement de la terre, y étaient résolues, réveillèrent l'inquisition. Galilée à l'âge de soixante-dix ans, fut de nouveau cité à ce tribunal. La protection du grand duo de Toscane ne put empêcher qu'il y comparût. On l'enferma dans une prison où l'on exigea de lui un second désaveu de ses sentimens, avec menace de la peine de relaps, s'il continuait d'enseigner la même doctrine. On lui fit signer cette formule d'abjuration : *Moi, Galilée, à la soixante-dixième année de mon âge, constitué personnellement en justice, étant à genoux, et ayant devant les yeux, les*

saints évangiles que je touche de mes propres mains ; d'un cœur et d'une foi sincères, j'abjure, je maudis et je déteste l'erreur, l'hérésie du mouvement de la terre, etc. Quel spectacle, que celui d'un vieillard, illustre par une longue vie consacrée tout entière à l'étude de la nature, abjurant à genoux, contre le témoignage de sa conscience, la vérité qu'il avait prouvée avec évidence ! Emprisonné pour un temps illimité, par un décret de l'inquisition, il fut redevable de son élargissement aux sollicitations du grand duc; mais pour l'empêcher de se soustraire au pouvoir de l'inquisition, on lui défendit de sortir du territoire de Florence. Galilée né à Pise en 1564, annonça de bonne heure, les grands talens qu'il développa dans la suite. La Mécanique lui doit plusieurs découvertes dont la plus importante est sa théorie de la chute des graves. Il était occupé de la libration de la lune, lorsqu'il perdit la vue: trois ans après, il mourut à Arcetri, en 1642, emportant avec lui, les regrets de l'Europe éclairée par ses travaux, et indignée du jugement porté contre un si grand homme, par un odieux tribunal.

Pendant que ces choses se passaient en Italie ; Kepler dévoilait en Allemagne, les lois des mou-

vèmens planétaires. Mais avant que d'exposer ses découvertes, il convient de remonter plus haut, et de faire connaître les progrès de l'Astronomie dans le nord de l'Europe, depuis la mort de Copernic.

L'histoire de cette science nous offre à cette époque, un grand nombre d'excellens observateurs. L'un des plus illustres, fut Guillaume IV, landgrave de Hesse-Cassel. Il fit bâtir à Cassel, un observatoire qu'il munit d'instrumens travaillés avec soin, et avec lesquels il observa long-temps lui-même. Il s'attacha deux Astronomes distingués, Rothman et Juste Byrge; et Tycho fut redevable à ses pressantes sollicitations, des avantages que lui procura Frédéric, roi de Danemarck.

Tycho-Brahé, l'un des plus grands observateurs qui aient existé, naquit à la fin de 1546, à Knudsturp en Scanie. Son goût pour l'Astronomie se manifesta dès l'âge de quatorze ans, à l'occasion d'une éclipse arrivée en 1560, A cet âge où il est si rare de réfléchir, la justesse du calcul par lequel on avait prédit ce phénomène, lui inspira le vif désir d'en connaître les principes; et ce désir s'accrut encore par les oppositions qu'il éprouva de la part de son gouverneur et de sa famille. Il voyagea en Allemagne où il contracta des liaisons de correspondance et d'amitié avec

les savans et les amateurs les plus distingués de l'Astronomie, et particulièrement avec le landgrave de Hesse-Cassel, qui le reçut de la manière la plus flatteuse. De retour dans sa patrie, il y fut fixé par Frédéric son souverain, qui lui donna la petite île d'Huène, à l'entrée de la mer Baltique. Tycho y fit bâtir un observatoire célèbre sous le nom d'*Uranibourg :* là, pendant un séjour de vingt-un ans, il fit un nombre prodigieux d'observations, et plusieurs découvertes importantes. A la mort de Frédéric, l'envie déchaînée contre Tycho, le força d'abandonner sa retraite. Son retour à Copenhague n'assouvit point la rage de ses persécuteurs : un ministre (son nom comme celui de tous les hommes qui ont abusé du pouvoir pour arrêter les progrès de la raison, doit être livré au mépris de tous les âges), Walchendorp, lui fit défendre de continuer ses observations. Heureusement, Tycho retrouva un protecteur puissant dans l'empereur Rodolphe II, qui se l'attacha par une pension considérable, et lui donna un observatoire à Prague. Une mort imprévue l'enleva dans cette ville, le 24 octobre 1601, au milieu de ses travaux, et dans un âge où il pouvait encore rendre à l'Astronomie, de grands services.

De nouveaux instrumens inventés, et des perfections nouvelles ajoutées aux anciens; une précision beaucoup plus grande dans les observations; un catalogue d'étoiles, fort supérieur à ceux d'Hipparque et d'Ulugh-Beigh; la découverte de l'inégalité de la lune, qu'il nomma *variation;* celle des inégalités du mouvement des nœuds et de l'inclinaison de l'orbe lunaire; la remarque importante que les comètes se meuvent fort au-delà de cet orbe; une connaissance plus parfaite des réfractions astronomiques; enfin des observations très nombreuses des planètes, qui ont servi de base aux lois de Kepler; tels sont les principaux services que Tycho-Brahé a rendus à l'Astronomie. L'exactitude de ses observations à laquelle il fut redevable de ses découvertes sur le mouvement lunaire, lui fit connaître encore, que l'équation du temps, relative au soleil et aux planètes, n'était point applicable à la lune, et qu'il fallait en retrancher la partie dépendante de l'anomalie du soleil, et même une quantité beaucoup plus grande. Kepler porté par son imagination, à rechercher les rapports et la cause des phénomènes, pensa que la vertu motrice du soleil, fait tourner la terre plus rapidement sur elle-même dans son périhélie, que dans son

aphélie. L'effet de cette variation du mouvement diurne ne pouvait être reconnu par les observations de Tycho, que dans le mouvement de la lune, où il est treize fois plus considérable que dans celui du soleil. Mais les horloges perfectionnées par l'application du pendule, ayant fait voir que cet effet est nul dans ce dernier mouvement, et que la rotation de la terre est uniforme; Flamsteed transporta à la lune elle-même, l'inégalité dépendante de l'anomalie du soleil, et que l'on avait regardée comme apparente. Cette inégalité dont on doit à Tycho le premier aperçu, est celle que l'on nomme *équation annuelle*. On voit par cet exemple, comment l'observation, en se perfectionnant, nous découvre des inégalités jusqu'alors enveloppées dans ses erreurs. Les recherches de Kepler en offrent un exemple encore plus remarquable. Ayant fait voir dans son *Commentaire sur Mars*, que les hypothèses de Ptolémée s'écartaient nécessairement des observations de Tycho, de huit minutes sexagésimales, il ajoute : « Cette différence est plus petite que » l'incertitude des observations de Ptolémée, » incertitude qui, de l'aveu de cet astronome, » était au moins de dix minutes. Mais la bonté » divine nous ayant fait présent dans Tycho-

» Brahé, d'un très exact observateur; il est
» juste de reconnaître ce bienfait de la Divinité,
» et de lui en rendre grâce. Convaincus main-
» tenant de l'erreur des hypothèses dont nous
» venons de faire usage, nous devons employer
» tous nos efforts pour découvrir les lois véri-
» tables des mouvemens célestes. Ces huit mi-
» nutes qu'il n'est plus permis de négliger,
» m'ont mis sur la voie pour réformer toute
» l'Astronomie, et sont la matière de la plus
» grande partie de cet ouvrage. »

Frappé des objections que les adversaires de Copernic opposaient au mouvement de la terre, et peut-être entraîné par la vanité de donner son nom à un système astronomique, Tycho-Brahé méconnut celui de la nature. Suivant lui, la terre est immobile au centre de l'univers : tous les astres se meuvent, chaque jour, autour de l'axe du monde; et le soleil, dans sa révolution annuelle, emporte avec lui, les planètes. Dans ce système qui, selon l'ordre naturel des idées, aurait dû précéder celui de Copernic, les apparences sont les mêmes que dans la théorie du mouvement de la terre. On peut généralement considérer tel point que l'on veut, par exemple, le centre de la lune, comme immobile; pourvu que l'on transporte en sens contraire, à tous les

astres, le mouvement dont il est animé. Mais n'est-il pas physiquement absurde de supposer la terre sans mouvement dans l'espace, tandis que le soleil entraîne les planètes au milieu desquelles elle est comprise? La distance de la terre au soleil, si bien d'accord avec la durée de sa révolution, dans l'hypothèse de son mouvement, pouvait-elle laisser des doutes à un esprit fait pour sentir la force de l'analogie; et ne doit-on pas dire avec Kepler, que la nature proclame ici, d'une voix haute, la vérité de cette hypothèse? Il faut l'avouer, Tycho, quoique grand observateur, ne fut pas heureux dans la recherche des causes : son esprit peu philosophique fut même imbu des préjugés de l'Astrologie judiciaire qu'il a essayé de défendre. Il serait cependant injuste de le juger avec la même rigueur, que celui qui se refuserait, de nos jours, à la théorie du mouvement de la terre, confirmée par les nombreuses découvertes faites depuis, en Astronomie. Les difficultés que les illusions des sens opposaient alors à cette théorie, n'avaient point encore été résolues. Le diamètre apparent des étoiles, supérieur à leur parallaxe annuelle, donnait à ces astres, dans cette théorie, un diamètre réel plus grand que celui de l'orbe terrestre : le télescope, en les

réduisant à des points lumineux, a fait disparaître cette grandeur invraisemblable. On ne concevait pas comment les corps détachés de la terre, pouvaient en suivre les mouvemens. Les lois de la Mécanique ont expliqué ces apparences : elles ont fait voir, ce que Tycho trompé par une expérience fautive, refusait d'admettre, qu'un corps en partant d'une grande hauteur, et abandonné à la seule action de la gravité, retombe à très peu près au pied de la verticale, en ne s'écartant à l'orient, que d'une quantité très difficile à observer à cause de son extrême petitesse; en sorte que l'on éprouve maintenant, à reconnaître dans la chute des graves, le mouvement de la terre, autant de difficulté, que l'on en trouvait alors, à prouver qu'il y doit être insensible.

La réforme du calendrier julien se rapporte au temps de Tycho-Brahé. Il est utile d'attacher les mois et les fêtes aux mêmes saisons, et d'en faire des époques remarquables pour l'agriculture. Mais pour obtenir cet avantage précieux aux habitans des campagnes, il faut par l'intercalation régulière d'un jour, compenser l'excès de l'année solaire sur l'année commune de trois cent soixante et cinq jours. Le mode d'intercalation le plus simple est celui que Jules César

introduisit dans le calendrier romain, et qui consiste à faire succéder une bissextile à trois années communes. Mais la longueur de l'année que ce mode suppose, étant trop considérable; l'équinoxe du printemps anticipait sans cesse, et dans l'intervalle de quinze siècles écoulés depuis Jules César, il s'était rapproché de onze jours et demi, du commencement de l'année. Pour remédier à cet inconvénient, le pape Grégoire XIII établit par un bref, en 1582, que le mois d'octobre de cette année n'aurait que vingt-un jours; que l'année 1600 serait bissextile; qu'ensuite l'année qui termine chaque siècle, ne serait bissextile que de quatre en quatre siècles. Cette intercalation fondée sur une longueur un peu trop grande de l'année, ferait anticiper l'équinoxe, d'un jour environ en quatre mille ans; mais en rendant commune la bissextile qui termine cet intervalle, l'intercalation grégorienne deviendrait à très peu près rigoureuse. On ne changea point d'ailleurs le calendrier julien. Il était facile alors de fixer au solstice d'hiver l'origine de l'année, et de rendre plus régulière la longueur des mois, en donnant trente-un jours au premier, vingt-neuf jours au second dans les années communes, et trente jours dans les années bissextiles, et en faisant les

autres mois alternativement de trente-un et de trente jours : il eût été commode de les désigner tous par leur rang ordinal ; ce qui aurait fait disparaître les dénominations impropres des quatre derniers mois de l'année. En corrigeant en suite comme on vient de le dire, l'intercalation adoptée ; le calendrier grégorien n'eût laissé rien à désirer. Mais convient-il de lui donner cette perfection ? Si l'on considère que ce calendrier est aujourd'hui, celui de presque tous les peuples d'Europe et d'Amérique, et qu'il a fallu deux siècles et toute l'influence de la religion, pour lui procurer cet avantage ; on sentira qu'il doit être conservé même avec ses imperfections qui ne portent pas d'ailleurs sur des points essentiels. Car le principal objet d'un calendrier est d'attacher par un mode simple d'intercalation, les évènemens à la série des jours, et de faire correspondre pendant un très grand nombre de siècles, les saisons aux mêmes mois de l'année ; conditions qui sont bien remplies dans le calendrier grégorien. La partie de ce calendrier, relative à la fixation de la Pâque étant, par son objet, étrangère à l'Astronomie ; je n'en parlerai point ici.

Dans ses dernières années, Tycho-Brahé eut pour disciple et pour aide, Kepler né en 1571

à Viel dans le duché de Wirtemberg, et l'un de ces hommes rares que la nature donne de temps en temps aux sciences, pour en faire éclore les grandes théories préparées par les travaux de plusieurs siècles. La carrière des sciences lui parut d'abord peu propre à satisfaire l'ambition qu'il avait de s'illustrer; mais l'ascendant de son génie et les exhortations de Mœstlin, le rappelèrent à l'Astronomie, et il y porta toute l'activité d'une ame passionnée pour la gloire.

Impatient de connoître la cause des phénomènes, le savant doué d'une imagination vive, l'entrevoit souvent avant que les observations aient pu l'y conduire. Sans doute, il est plus sûr de remonter des phénomènes aux causes; mais l'histoire des sciences nous montre que cette marche lente et pénible n'a pas toujours été celle des inventeurs. Que d'écueils doit craindre celui qui prend son imagination pour guide! Prévenu pour la cause qu'elle lui présente, loin de la rejeter lorsque les faits lui sont contraires, il les altère pour les plier à ses hypothèses : il mutile, si je puis ainsi dire, l'ouvrage de la nature, pour le faire ressembler à celui de son imagination, sans réfléchir que le temps dissipe ces vains fantômes, et ne consolide que

les résultats de l'observation et du calcul. Le philosophe vraiment utile aux progrès des sciences, est celui qui réunissant à une imagination profonde, une grande sévérité dans le raisonnement et dans les expériences, est à-la-fois tourmenté par le désir de s'élever aux causes des phénomènes, et par la crainte de se tromper sur celles qu'il leur assigne.

Kepler dut à la nature, le premier de ces avantages; et Tycho-Brahé lui donna pour le second, d'utiles conseils dont il s'écarta trop souvent, mais qu'il suivit dans tous les cas où il pût comparer ses hypothèses aux observations; ce qui, par la méthode d'exclusion, le conduisit, d'hypothèses en hypothèses, aux lois des mouvemens planétaires. Ce grand observateur qu'il alla voir à Prague, et qui dans les premiers ouvrages de Kepler, avait démêlé son génie à travers les analogies mystérieuses des figures et des nombres, dont ils étaient pleins, l'exhorta à observer, et lui procura le titre de mathématicien impérial. La mort de Tycho, arrivée peu d'années après, mit Kepler en possession de la collection précieuse des observations de son illustre maître; et il en fit l'emploi le plus utile, en fondant sur elles, trois des plus importantes découvertes que l'on ait faites dans la philosophie naturelle.

Ce fut une opposition de Mars, qui détermina Kepler à s'occuper de préférence, des mouvemens de cette planète. Son choix fut heureux, en ce que l'orbe de Mars étant un des plus excentriques du système planétaire, et la planète approchant fort près de la terre, dans ses oppositions; les inégalités de son mouvement sont plus grandes que celles des autres planètes, et doivent plus facilement et plus sûrement en faire découvrir les lois. Quoique la théorie du mouvement de la terre eût fait disparaître la plupart des cercles dont Ptolémée avait embarrassé l'Astronomie; cependant Copernic en avait laissé subsister plusieurs, pour expliquer les inégalités réelles des corps célestes. Kepler trompé comme lui, par l'opinion que leurs mouvemens devaient être circulaires et uniformes, essaya long-temps de représenter ceux de Mars, dans cette hypothèse. Enfin, après un grand nombre de tentatives qu'il a rapportées en détail dans son ouvrage *De stella Martis*, il franchit l'obstacle que lui opposait une erreur accréditée par le suffrage de tous les siècles : il reconnut que l'orbe de Mars est une ellipse dont le soleil occupe un des foyers, et que la planète s'y meut de manière que le rayon vecteur mené de son centre à celui du soleil, décrit des aires proportionnelles au

temps. Kepler étendit ces résultats à toutes les planètes, et il publia en 1626, d'après cette théorie, les Tables Rudolphines à jamais mémorables en Astronomie, comme ayant été les premières, fondées sur les véritables lois du système du monde, et débarrassées de tous les cercles qui surchargeaient les tables antérieures.

Si l'on sépare des recherches astronomiques de Kepler, les idées chimériques dont il les a souvent accompagnées ; on voit qu'il parvint à ces lois, de la manière suivante. Il s'assura d'abord que l'égalité du mouvement angulaire de Mars, n'avait lieu sensiblement qu'autour d'un point situé au-delà du centre de son orbite, par rapport au soleil. Il reconnut la même chose pour la terre, en comparant entre elles, des observations choisies de Mars dont l'orbe, par la grandeur de sa parallaxe annuelle, est propre à faire connaître les dimensions respectives de l'orbe terrestre. Kepler conclut de ces résultats, que les mouvemens réels des planètes sont variables, et qu'aux deux points de la plus grande et de la plus petite vitesse, les aires décrites dans un jour par le rayon vecteur d'une planète, autour du soleil, sont les mêmes. Il étendit cette égalité des aires, à tous les points de l'orbite; ce qui lui donna la loi des aires pro-

portionnelles aux temps. Ensuite, les observations de Mars vers ses quadratures lui firent connaître que l'orbe de cette planète est un ovale alongé dans le sens du diamètre qui joint les points des vitesses extrêmes; ce qui le conduisit enfin, au mouvement elliptique.

Sans les spéculations des Grecs sur les courbes que forme la section du cône par un plan, ces belles lois seraient peut-être encore ignorées. L'ellipse étant une de ces courbes, sa figure oblongue fit naître dans l'esprit de Kepler, la pensée d'y mettre en mouvement, la planète Mars; et bientôt, au moyen des nombreuses propriétés que les anciens géomètres avaient trouvées sur les sections coniques, il s'assura de la vérité de cette hypothèse. L'histoire des sciences nous offre beaucoup d'exemples de ces applications de la Géométrie pure, et de ses avantages; car tout se tient dans la chaîne immense des vérités, et souvent une seule observation a suffi pour féconder les plus stériles en apparence, en les transportant à la nature dont les phénomènes ne sont que les résultats mathématiques d'un petit nombre de lois immuables.

Le sentiment de cette vérité donna probablement naissance aux analogies mystérieuses des

Pythagoriciens : elles avaient séduit Kepler, et il leur fut redevable d'une de ses plus belles découvertes. Persuadé que les distances moyennes des planètes au soleil et leurs révolutions devaient être réglées conformément à ces analogies, il les compara long-temps, soit avec les corps réguliers de la Géométrie, soit avec les intervalles des tons. Enfin après dix-sept ans d'essais inutiles, ayant eu l'idée de comparer les puissances des distances, avec celles des temps des révolutions sidérales ; il trouva que les carrés de ces temps sont entre eux, comme les cubes des grands axes des orbites ; loi très importante, qu'il eut l'avantage de reconnaître dans le système des satellites de Jupiter, et qui s'étend à tous les systèmes de satellites.

Après avoir déterminé la courbe que les planètes décrivent autour du soleil, et découvert les lois de leurs mouvemens ; Kepler était trop près du principe dont ces lois dérivent, pour ne pas le pressentir. La recherche de ce principe exerça souvent son imagination active ; mais le moment n'était pas venu, de faire ce dernier pas qui supposait l'invention de la Dynamique et de l'Analyse infinitésimale. Loin d'approcher du but, Kepler s'en écarta par de vaines spéculations sur la cause motrice des pla-

nètes. Il supposait au soleil, un mouvement de rotation sur un axe perpendiculaire à l'écliptique : des espèces immatérielles émanées de cette astre dans le plan de son équateur, douées d'une activité décroissante en raison des distances, et conservant leur mouvement primitif de révolution, faisaient participer chaque planète à ce mouvement circulaire. En même temps, la planète par une sorte d'instinct ou de magnétisme, s'approchait et s'éloignait alternativement du soleil, s'élevait au-dessus de l'équateur solaire et s'abaissait au-dessous, de manière à décrire une ellipse toujours située dans un même plan passant par le centre du soleil. Au milieu de ces nombreux écarts, Kepler fut cependant conduit à des vues saines sur la gravitation universelle, dans l'ouvrage *De stella Martis*, où il présenta ses principales découvertes.

» La gravité, dit-il, n'est qu'une affection
» corporelle et mutuelle entre les corps, par
» laquelle ils tendent à s'unir.

« La pesanteur des corps n'est point dirigée
» vers le centre du monde, mais vers celui
» du corps rond dont ils font partie; et si la
» terre n'était pas sphérique, les graves placés
» sur les divers points de sa surface, ne tom-
» beraient point vers un même centre.

» Deux corps isolés se porteraient l'un vers » l'autre, comme deux aimans, en parcourant » pour se joindre, des espaces réciproques à » leurs masses. Si la terre et la lune n'étaient » pas retenues à la distance qui les sépare, » par une force animale, ou par quelque autre » force équivalente; elles tomberaient l'une sur » l'autre, la lune faisant les $\frac{53}{54}$ du chemin, et » la terre faisant le reste, en les supposant » également denses.

» Si la terre cessait d'attirer les eaux de » l'Océan, elles se porteraient sur la lune, en » vertu de la force attractive de cet astre.

» Cette force qui s'étend jusqu'à la terre, » y produit les phénomènes du flux et du » reflux de la mer. » Ainsi l'important ouvrage que nous venons de citer, contient les premiers germes de la mécanique céleste, que Newton et ses successeurs ont si heureusement développés.

On doit être étonné que Kepler n'ait pas appliqué aux comètes, les lois du mouvement elliptique. Mais égaré par une imagination ardente, il laissa échapper le fil de l'analogie, qui devait le conduire à cette grande découverte. Les comètes, suivant lui, n'étant que des météores engendrés dans l'éther; il négligea d'étudier

leurs mouvemens, et il s'arrêta au milieu de la carrière qu'il avait ouverte, laissant à ses successeurs, une partie de la gloire qu'il pouvait encore acquérir. De son temps, on commençait à peine à entrevoir la méthode de procéder dans la recherche de la vérité à laquelle le génie ne parvenait que par instinct, et en y mêlant souvent beaucoup d'erreurs. Au lieu de s'élever péniblement par une suite d'inductions, des phénomènes particuliers à d'autres plus étendus, et de ceux-ci, aux lois générales de la nature; il était plus agréable et plus facile de subordonner tous les phénomènes, à des rapports de convenance et d'harmonie, que l'imagination créait et modifiait à son gré. Ainsi Kepler expliqua la disposition du système solaire, par les lois de l'harmonie musicale. Il est affligeant pour l'esprit humain, de voir ce grand homme, même dans ses derniers ouvrages, se complaire avec délices dans ces chimériques spéculations, et les regarder comme l'âme et la vie de l'Astronomie. Leur mélange avec ses véritables découvertes, fut sans doute, la cause pour laquelle les Astronomes de son temps, Descartes lui-même et Galilée, qui pouvaient tirer le parti le plus avantageux de ses lois, ne paraissent pas en avoir senti l'importance. Galilée pouvait al-

léguer en faveur du mouvement de la terre, l'une des plus fortes raisons qui prouvent ce mouvement, sa conformité avec les lois du mouvement elliptique de toutes les planètes, et surtout, avec le rapport du carré des temps des révolutions, au cube des moyennes distances au soleil. Mais ces lois ne furent généralement admises, qu'après que Newton en eut fait la base de sa théorie du système du monde.

L'Astronomie doit encore à Kepler, plusieurs travaux utiles : ses ouvrages sur l'optique sont pleins de choses neuves et intéressantes. Il y perfectionne le télescope et sa théorie : il y explique le mécanisme de la vision, inconnu avant lui : il y donne la vraie cause de la lumière cendrée de la lune ; mais il en fait hommage à son maître Mœstlin, recommandable par cette découverte et pour avoir rappelé Kepler à l'Astronomie, et converti Galilée au système de Copernic. Enfin Kepler, dans son ouvrage intitulé : *Stereometria doliorum*, présente sur l'infini, des vues qui ont influé sur la révolution que la Géométrie a éprouvée à la fin de l'avant-dernier siècle ; et Fermat que l'on doit regarder comme le véritable inventeur du calcul différentiel, a fondé sur elles, sa belle méthode de *maximis et minimis*.

Avec autant de droits à l'admiration, ce grand homme vécut dans la misère, tandis que l'Astrologie judiciaire partout en honneur, était magnifiquement récompensée. Heureusement, la jouissance de la vérité qui se dévoile à l'homme de génie, et la perspective de la postérité juste et reconnaissante, le consolent de l'ingratitude de ses contemporains. Kepler avait obtenu des pensions qui lui furent toujours mal payées. Etant allé à la diète de Ratisbonne, pour en solliciter les arrérages, il mourut dans cette ville, le 15 novembre 1631. Il eut dans ses dernières années, l'avantage de voir naître et d'employer la découverte des logarithmes, due à Neper, baron écossais; artifice admirable ajouté à l'ingénieux algorithme des Indiens, et qui en réduisant à quelques jours, le travail de plusieurs mois, double, si l'on peut ainsi dire, la vie des Astronomes, et leur épargne les erreurs et les dégoûts inséparables des longs calculs; invention d'autant plus satisfaisante pour l'esprit humain, qu'il l'a tirée en entier de son propre fonds : dans les arts, l'homme se sert des matériaux et des forces de la nature, pour accroître sa puissance; mais ici, tout est son ouvrage.

Les travaux d'Huygens suivirent de près,

ceux de Kepler et de Galilée. Très peu d'hommes ont aussi bien mérité des sciences, par l'importance et la sublimité de leurs recherches. L'application du pendule aux horloges, est un des plus beaux présens que l'on ait faits à l'Astronomie et à la Géographie, qui sont redevables de leurs progrès rapides, à cette heureuse invention et à celle du télescope dont il perfectionna considérablement la pratique et la théorie. Il reconnut au moyen des excellens objectifs qu'il parvint à construire, que les singulières apparences de Saturne, sont produites par un anneau fort mince dont cette planète est entourée. Son assiduité à les observer, lui fit découvrir un des satellites de Saturne. Il publia ces deux découvertes dans son *Systema Saturnium*, ouvrage qui contient encore quelques traces de ces idées pythagoriciennes dont Kepler avait tant abusé; mais que le véritable esprit des sciences qui, dans ce beau siècle, fit de si grands progrès, a pour toujours effacées. Le satellite de Saturne égalait le nombre des satellites, à celui des planètes alors connues : Huygens jugeant cette égalité nécessaire à l'harmonie du Système du Monde, osa presque affirmer qu'il ne restait plus de satellites à découvrir; et peu d'années après, Cassini en reconnut quatre nouveaux à

la même planète. La Géométrie, la Mécanique et l'Optique doivent à Huygens un grand nombre de découvertes; et si ce rare génie eût eu l'idée de combiner ses théorèmes sur la force centrifuge, avec ses belles recherches sur les développées, et avec les lois de Kepler; il eût enlevé à Newton, sa théorie des mouvemens curvilignes et celle de la pesanteur universelle. Mais c'est dans de semblables rapprochemens, que consistent les découvertes.

Dans le même temps, Hévélius se rendit célèbre par d'immenses travaux, et spécialement par ses observations sur les taches et la libration de la lune. Il a existé peu d'observateurs aussi infatigables : on regrette qu'il n'ait pas voulu adopter l'application des lunettes au quart de cercle, invention qui en donnant aux observations, une précision jusqu'alors inconnue, a rendu la plupart de celles d'Hévélius, inutiles à l'Astronomie.

A cette époque, l'Astronomie prit un nouvel essor, par l'établissement des sociétés savantes. La nature est tellement variée dans ses productions et dans ses phénomènes, il est si difficile d'en pénétrer les causes; que pour la connaître et la forcer à nous dévoiler ses lois, il faut qu'un grand nombre d'hommes réunis-

sent leurs lumières et leurs efforts. Cette réunion devient surtout nécessaire, quand le progrès des sciences, multipliant leurs points de contact, et ne permettant plus à un seul homme de les approfondir toutes ; elles ne peuvent recevoir que de plusieurs savans, les secours mutuels qu'elles se demandent. Alors le physicien a recours au géomètre, pour s'élever aux causes générales des phénomènes qu'il observe ; et le géomètre interroge à son tour, le physicien, pour rendre ses recherches utiles en les appliquant à l'expérience, et pour se frayer par ces applications mêmes, de nouvelles routes dans l'analyse. Mais le principal avantage des académies, est l'esprit philosophique qui doit s'y introduire, et de là se répandre dans toute une nation et sur tous les objets. Le savant isolé peut se livrer sans crainte à l'esprit de système : il n'entend que de loin, la contradiction qu'il éprouve. Mais dans une société savante, le choc des opinions systématiques finit bientôt par les détruire; et le désir de se convaincre mutuellement, établit nécessairement entre les membres, la convention de n'admettre que les résultats de l'observation et du calcul. Aussi l'expérience a-t-elle montré que depuis l'origine des académies, la vraie philosophie s'est généralement

répandue. En donnant l'exemple de tout soumettre à l'examen d'une raison sévère, elles ont fait disparaître les préjugés qui trop long-temps avaient régné dans les sciences, et que les meilleurs esprits des siècles précédens avaient partagés. Leur utile influence sur l'opinion, a dissipé des erreurs accueillies de nos jours, avec un enthousiasme qui, dans d'autres temps, les aurait perpétuées. Egalement éloignées de la crédulité qui fait tout admettre, et de la prévention qui porte à rejeter tout ce qui s'écarte des idées reçues; elles ont toujours sur les questions difficiles et sur les phénomènes extraordinaires, sagement attendu les réponses de l'observation et de l'expérience, en les provoquant par des prix et par leurs propres travaux. Mesurant leur estime, autant à la grandeur et à la difficulté d'une découverte, qu'à son utilité immédiate, et persuadées par beaucoup d'exemples, que la plus stérile en apparence, peut avoir, un jour, des suites importantes; elles ont encouragé la recherche de la vérité sur tous les objets, n'excluant que ceux qui, par les bornes de l'entendement humain, lui seront à jamais inaccessibles. Enfin c'est de leur sein, que se sont élevées ces grandes théories que leur généralité met au-dessus de la portée du vulgaire,

et qui se répandant par de nombreuses applications, sur la nature et sur les arts, sont devenues d'inépuisables sources de lumières et de jouissances. Les gouvernemens sages convaincus de l'utilité des sociétés savantes, et les envisageant comme l'un des principaux fondemens de la gloire et de la prospérité des empires, les ont instituées et placées près d'eux, pour s'éclairer de leurs lumières dont souvent ils ont retiré de grands avantages.

De toutes les sociétés savantes, les deux plus célèbres par le grand nombre et par l'importance des découvertes dans l'Astronomie, sont, l'Académie des Sciences de Paris, et la Société Royale de Londres. La première fut créée en 1666, par Louis XIV qui pressentit l'éclat que les sciences et les arts devaient répandre sur son règne. Ce monarque dignement secondé par Colbert, invita plusieurs savans étrangers à venir se fixer dans sa capitale. Huygens se rendit à cette invitation flatteuse : il publia dans le sein de l'Académie dont il fut un des premiers membres, son admirable ouvrage *de Horologio oscillatorio*.

Dominique Cassini fut pareillement attiré à Paris, par les bienfaits de Louis XIV. Pendant quarante ans d'utiles travaux, il enrichit l'As-

tronomie, d'une foule de découvertes : telles sont, la théorie des satellites de Jupiter, dont il détermina les mouvemens, par les observations de leurs éclipses ; la découverte de quatre satellites de Saturne, de la rotation de Jupiter et de Mars, de la lumière zodiacale ; la connaissance fort approchée de la parallaxe du soleil ; une table de réfractions très exacte ; et surtout, la théorie complète de la libration de la lune. Galilée n'avait considéré que la libration en latitude : Hévélius expliqua la libration en longitude, en supposant que la lune présente toujours la même face, au centre de l'orbe lunaire dont la terre occupe un des foyers. Newton, dans une lettre adressée à Mercator en 1675, perfectionna l'explication d'Hévélius, en la ramenant à l'idée simple d'une rotation uniforme de la lune sur elle-même, pendant qu'elle se meut inégalement autour de la terre ; mais il supposait avec Hévélius, l'axe de rotation toujours perpendiculaire à l'écliptique. Cassini reconnut par ses propres observations, qu'il lui était un peu incliné d'un angle constant ; et pour satisfaire à la condition déjà observée par Hévélius, suivant laquelle toutes les inégalités de la libration se rétablissent à chaque révolution des nœuds de l'orbe lunaire ; il fit

coïncider constamment avec eux, les nœuds de l'équateur lunaire. Tel a été le progrès des idées, sur un des points les plus curieux du système du monde.

Le grand nombre des Académiciens astronomes d'un rare mérite, et les bornes de ce précis historique, ne me permettent pas de rendre compte de leurs travaux. Je me contenterai d'observer que l'application du télescope au quart de cercle, l'invention du micromètre et de l'héliomètre, la propagation successive de la lumière, la grandeur de la terre, et la diminution de la pesanteur à l'équateur, sont autant de découvertes sorties du sein de l'Académie des Sciences.

L'Astronomie n'est pas moins redevable à la Société Royale de Londres, dont l'origine est de quelques années, antérieure à celle de l'Académie des Sciences. Parmi les astronomes qu'elle a produits, je citerai, Flamsteed l'un des plus grands observateurs qui aient paru; Halley illustre par des voyages entrepris pour l'avancement des sciences, par son beau travail sur les comètes, qui lui fit découvrir le retour de la comète de 1759, et par l'idée ingénieuse d'employer les passages de Vénus sur le soleil à la détermination de sa parallaxe. Je citerai

enfin Bradley, le modèle des observateurs, et célèbre à jamais par deux des plus belles découvertes que l'on ait faites en Astronomie, l'aberration des fixes, et la nutation de l'axe de la terre.

Quand l'application du pendule aux horloges, et du télescope au quart de cercle, eut rendu sensibles aux observateurs, les plus petits changemens dans la position des corps célestes; ils cherchèrent à déterminer la parallaxe annuelle des étoiles; car il était naturel de penser qu'une aussi grande étendue que le diamètre de l'orbe terrestre, est encore sensible à la distance de ces astres. En les observant avec soin dans toutes les saisons de l'année; ils aperçurent de légères variations, quelquefois favorables, mais le plus souvent contraires aux effets de la parallaxe. Pour déterminer la loi de ces variations, il fallait un instrument d'un grand rayon, et divisé avec un soin extrême. L'artiste qui l'exécuta, mérite une part dans la gloire de l'astronome qui lui dut ses découvertes. Graham, fameux horloger anglais, construisit un grand secteur avec lequel Bradley reconnut en 1727, l'aberration des étoiles. Pour l'expliquer, ce grand astronome eut l'heureuse idée de combiner le mouvement de la terre, avec celui de la lumière, que Roëmer à la fin de l'avant-dernier

siècle, avait conclu des éclipses des satellites de Jupiter. On doit être surpris que dans l'intervalle d'un demi-siècle, qui sépare cette découverte de celle de Bradley, aucun des savans très distingués qui existaient alors, et qui tous admettaient le mouvement de la lumière, n'ait fait attention aux effets très simples qui en résultent sur la position des étoiles. Mais l'esprit humain si actif dans la formation des systèmes, a souvent attendu que l'observation et l'expérience lui aient fait connaître d'importantes vérités que le simple raisonnement eût pu faire découvrir. C'est ainsi que l'invention des lunettes astronomiques a suivi de plus de trois siècles, celle des verres lenticulaires, et n'a même été due qu'au hasard.

En 1745, Bradley reconnut par l'observation, la nutation de l'axe terrestre et ses lois. Dans toutes ces variations apparentes des étoiles, observées avec un soin extraordinaire, il n'aperçut rien qui indiquât une parallaxe sensible. On doit encore à ce grand astronome, le premier aperçu des principales inégalités des satellites de Jupiter, que Wargentin ensuite a développé avec étendue. Enfin, il a laissé un recueil immense d'observations de tous les phénomènes que le ciel a présentés vers le milieu

du dernier siècle, pendant plus de dix années consécutives. Le grand nombre de ces observations et la précision qui les distingue, font de ce recueil, l'un des principaux fondemens de l'Astronomie moderne, et l'époque d'où l'on doit partir maintenant, dans les recherches délicates de la science. Il a servi de modèle à plusieurs recueils semblables qui successivement perfectionnés par le progrès des arts, sont autant de jalons placés sur la route des corps célestes, pour en marquer les changemens périodiques et séculaires.

A la même époque, fleurirent, Lacaille en France, et Tobie Mayer en Allemagne : observateurs infatigables et laborieux calculateurs, ils ont perfectionné les théories et les Tables astronomiques, et ils ont formé sur leurs propres observations, des catalogues d'étoiles, qui comparés à celui de Bradley, fixent avec une grande exactitude, l'état du ciel au milieu du dernier siècle.

Les mesures des degrés des méridiens terrestres et du pendule, multipliées dans les diverses parties du globe, opérations dont la France a donné l'exemple, en mesurant l'arc total du méridien qui la traverse, et en envoyant des Académiciens au nord et à l'équateur, pour y observer la grandeur de ces degrés et l'intensité

de la pesanteur; l'arc du méridien compris entre Dunkerque et Formentera, déterminé par des observations très précises, et servant de base au système de mesures, le plus naturel et le plus simple; les voyages entrepris pour observer les deux passages de Vénus sur le soleil, en 1761 et 1769, et la connaissance très approchée des dimensions du système solaire, fruit de ces voyages; l'invention des lunettes achromatiques, des montres marines, de l'octant, et du cercle répétiteur trouvé par Mayer et perfectionné par Borda; la formation par Mayer, de Tables lunaires assez exactes pour servir à la détermination des longitudes à la mer; la découverte de la planète Uranus, faite par Herschel en 1781; celles de ses satellites et de deux nouveaux satellites de Saturne, dues au même observateur; telles sont, avec les découvertes de Bradley, les principales obligations dont l'Astronomie est redevable au siècle précédent.

Le siècle actuel a commencé de la manière la plus heureuse pour l'Astronomie : son premier jour est remarquable par la découverte de la planète Cérès, faite par Piazzi à Palerme; et cette découverte a bientôt été suivie de celles des deux planètes Pallas et Vesta, par Olbers, et de la planète Junon, par Harding.

CHAPITRE V.

De la découverte de la pesanteur universelle.

Après avoir montré par quels efforts l'esprit humain est parvenu à découvrir les lois des mouvemens célestes, il me reste à faire voir comment il s'est élevé au principe général dont elles dérivent.

Descartes essaya le premier, de ramener la cause de ces mouvemens à la Mécanique. Il imagina des tourbillons de matière subtile, au centre desquels il plaça le soleil et les planètes. Les tourbillons des planètes entraînaient les satellites; et le tourbillon du soleil emportait les planètes, les satellites et leurs tourbillons. Les mouvemens des comètes, dirigés dans tous les sens, ont fait disparaître ces tourbillons divers, comme ils avaient anéanti les cieux solides et tout l'appareil des cercles imaginés par les anciens astronomes. Ainsi Descartes ne fut pas plus heureux dans la mécanique céleste que Ptolémée, dans l'Astronomie; mais leurs travaux sur ces objets, n'ont point été inutiles aux sciences. Ptolémée nous a transmis à

travers quatorze siècles d'ignorance, les vérités astronomiques que les anciens avaient trouvées, et qu'il avait encore accrues. Quand Descartes vint, le mouvement imprimé aux esprits par les découvertes de l'imprimerie et du nouveau monde, par les révolutions religieuses, et par le système de Copernic, les rendait avides de nouveautés. Ce philosophe substituant à de vieilles erreurs, des erreurs plus séduisantes, soutenues de l'autorité de ses travaux géométriques, renversa l'empire d'Aristote, qu'une philosophie plus sage eût difficilement ébranlé. Ses tourbillons accueillis d'abord avec enthousiasme, étant fondés sur les mouvemens de la terre et des planètes autour du soleil, contribuèrent à faire adopter ces mouvemens. Mais en posant en principe, qu'il fallait commencer par douter de tout, Descartes prescrivit lui-même de soumettre ses opinions à un examen sévère; et son système astronomique fut bientôt détruit par les découvertes postérieures qui, jointes aux siennes, à celles de Kepler et de Galilée, et aux idées philosophiques que l'on acquit alors sur tous les objets, ont fait de son siècle illustré d'ailleurs par tant de chefs-d'œuvre dans la littérature et dans les beaux-arts, l'époque la plus remarquable de l'histoire de l'esprit humain.

Il était réservé à Newton, de nous faire connaître le principe général des mouvemens célestes. La nature en le douant d'un profond génie, prit encore soin de le placer dans les circonstances les plus favorables. Descartes avait changé la face des sciences mathématiques, par l'application féconde de l'Algèbre à la théorie des courbes et des fonctions variables. Fermat avait posé les fondemens de l'Analyse infinitésimale, par ses belles méthodes des maxima et des tangentes. Wallis, Wren et Huygens, venaient de trouver les lois de la communication du mouvement. Les découvertes de Galilée sur la chute des graves, et celles d'Huygens sur les développées et sur la force centrifuge, conduisaient à la théorie du mouvement dans les courbes. Kepler avait déterminé celles que décrivent les planètes, et il avait entrevu la gravitation universelle. Enfin, Hook avait très bien vu que les mouvemens planétaires sont le résultat d'une force primitive de projection, combinée avec la force attractive du soleil. La mécanique céleste n'attendait ainsi pour éclore, qu'un homme de génie qui, rapprochant et généralisant ces découvertes, sût en tirer la loi de la pesanteur. C'est ce que Newton exécuta dans son ouvrage des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle.

Cet homme célèbre à tant de titres, naquit à Woolstrop en Angleterre, sur la fin de 1642, l'année même de la mort de Galilée. Ses premières études mathématiques annoncèrent ce qu'il serait un jour : une lecture rapide des livres élémentaires lui suffit pour les entendre : il parcourut ensuite la Géométrie de Descartes, l'Optique de Kepler et l'Arithmétique des infinis de Wallis ; et s'élevant bientôt à des inventions nouvelles, il fut avant l'âge de vingt-sept ans, en possession de son Calcul des fluxions, et de sa Théorie de la lumière. Jaloux de son repos, et redoutant les querelles littéraires, qu'il eût mieux évitées en publiant plus tôt ses découvertes ; il ne se pressa point de les mettre au jour. Le docteur Barrow dont il était le disciple et l'ami, se démit en sa faveur, de la place de professeur de Mathématiques dans l'université de Cambridge. Ce fut pendant qu'il la remplissait, que cédant aux instances de la Société Royale de Londres, et aux sollicitations de Halley, il publia son ouvrage des Principes. L'Université de Cambridge dont il avait défendu avec zèle, les priviléges attaqués par le Roi Jacques II, le choisit pour son représentant dans le parlement de convention de 1688, et dans le parlement de 1701. Il fut nommé

directeur de la monnaie par le roi Guillaume, et créé chevalier par la reine Anne. Élu en 1703 président de la Société Royale, il continua de l'être sans interruption. Enfin, il jouit de la plus haute considération pendant sa longue vie; et à sa mort arrivée en 1727, l'élite de sa nation dont il avait fait la gloire, lui rendit de grands honneurs funèbres.

En 1666, Newton retiré à la campagne, dirigea pour la première fois, sa pensée vers le système du monde. La pesanteur des corps au sommet des plus hautes montagnes, à très peu près la même qu'à la surface de la terre, lui fit conjecturer qu'elle s'étend jusqu'à la lune; et qu'en se combinant avec le mouvement de projection de ce satellite, elle lui fait décrire un orbe elliptique, autour de la terre. Pour vérifier cette conjecture, il fallait connaître la loi de diminution de la pesanteur. Newton considéra que si la pesanteur terrestre retient la lune dans son orbite, les planètes doivent être retenues pareillement dans leurs orbes, par leur pesanteur vers le soleil, et il le démontra par la loi des aires proportionnelles aux temps; or il résulte du rapport constant trouvé par Kepler, entre les carrés des temps des révolutions des planètes, et les cubes des grands axes

de leurs orbes, que leur force centrifuge, et par conséquent, leur tendance vers le soleil, diminuent en raison du carré de leurs distances au centre de cetastre; Newton supposa donc la même loi de diminution, à la pesanteur d'un corps, à mesure qu'il s'élève au-dessus de la surface de la terre (1). En partant des expériences de Galilée sur la chute des graves, il détermina la hauteur dont la lune abandonnée à elle-même descendrait vers la terre, dans un court intervalle de temps. Cette hauteur est le sinus verse de l'arc qu'elle décrit dans le même intervalle, sinus que la parallaxe lunaire donne en parties du rayon terrestre; ainsi, pour comparer à l'observation, la loi de la pesanteur réciproque au carré des distances, il était nécessaire de connaître la grandeur de ce rayon. Mais Newton n'ayant alors, qu'une mesure fautive du méridien terrestre, parvint à un résultat différent de celui qu'il attendait; et soupçonnant que des forces inconnues se joignaient à la pesanteur de la lune, il abandonna ses idées. Quelques années après, une lettre du docteur Hook lui fit

(1) Parmi toutes les lois qui font évanouir l'attraction à une distance infinie, la loi de la nature est la seule dans laquelle cette supposition de Newton soit légitime.

rechercher la nature de la courbe décrite par les projectiles autour du centre de la terre. Picard venait de mesurer en France, un degré du méridien : Newton reconnut au moyen de cette mesure, que la lune était retenue dans son orbite, par le seul pouvoir de la gravité supposée réciproque au carré des distances. D'après cette loi, il trouva que la ligne décrite par les corps dans leur chute, est une ellipse dont le centre de la terre occupe un des foyers. Considérant ensuite que Kepler avait reconnu par l'observation, que les orbes des planètes sont pareillement des ellipses au foyer desquelles le centre du soleil est placé; il eut la satisfaction de voir que la solution qu'il avait entreprise par curiosité, s'appliquait aux plus grands objets de la nature. Il rédigea plusieurs propositions relatives au mouvement elliptique des planètes ; et le docteur Halley l'ayant engagé à les publier, il composa son ouvrage des Principes mathématiques de la Philosophie naturelle, qui parut à la fin de l'année 1687 (1). Ces détails que nous tenons de Pemberton, contemporain et ami de Newton qui les a confirmés par son témoignage,

(1) Les principes du système social furent posés dans l'année suivante, et Newton concourut à leur établissement.

prouvent que ce grand géomètre avait trouvé en 1666, les principaux théorèmes sur la force centrifuge, qu'Huygens ne publia que six ans après à la fin de son ouvrage *de Horologio oscillatorio*. Il est très croyable, en effet, que l'auteur de la Méthode des fluxions, qui paraît avoir été dès-lors en possession de cette méthode, a facilement découvert ces théorèmes.

Newton était parvenu à la loi de la pesanteur, au moyen du rapport entre les carrés des temps des révolutions des planètes, et les cubes des axes de leurs orbes supposés circulaires : il démontra que ce rapport a généralement lieu dans les orbes elliptiques, et qu'il indique une égale pesanteur des planètes vers le soleil, en les supposant placées à la même distance de son centre. La même égalité de pesanteur vers la planète principale, existe dans tous les systèmes de satellites ; et Newton la vérifia sur les corps terrestres, par des expériences très précises que l'on a plusieurs fois répétées, et d'où il résulte que le développement des gaz, de l'électricité, de la chaleur et des affinités, dans le mélange de plusieurs substances contenues dans un vaisseau fermé, n'altèrent le poids du système, ni pendant ni après le mélange.

En généralisant ensuite ses recherches, ce

grand géomètre fit voir qu'un projectile peut se mouvoir dans une section conique quelconque, en vertu d'une force dirigée vers son foyer, et réciproque au carré des distances : il développa les diverses propriétés du mouvement dans ce genre de courbes : il détermina les conditions nécessaires pour que la courbe soit un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole, conditions qui ne dépendent que de la vitesse et de la position primitives du corps. Quelles que soient, cette vitesse, cette position et la direction initiale du mouvement, Newton assigna une section conique que le corps peut décrire, et dans laquelle il doit conséquemment se mouvoir ; ce qui répond au reproche que lui fit Jean Bernoulli, de n'avoir point démontré que les sections coniques sont les seules courbes que puisse décrire un corps sollicité par une force réciproque au carré des distances. Ces recherches appliquées au mouvement des comètes, lui apprirent que ces astres se meuvent autour du soleil, suivant les mêmes lois que les planètes, avec la seule différence que leurs ellipses sont très alongées ; et il donna le moyen de déterminer par les observations, les élémens de ces ellipses.

La comparaison de la grandeur des orbes des sa-

tellites et de la durée de leurs révolutions, avec les mêmes quantités relatives aux planètes, lui fit connaître les masses et les densités respectives du soleil et des planètes accompagnées de satellites, et l'intensité de la pesanteur à leur surface.

En considérant que les satellites se meuvent autour de leurs planètes, à fort peu près comme si ces planètes étaient immobiles; il reconnut que tous ces corps obéissent à la même pesanteur vers le soleil. L'égalité de l'action à la réaction, ne lui permit point de douter que le soleil pèse vers les planètes, et celles-ci vers leurs satellites; et même que la terre est attirée par tous les corps qui pèsent sur elle. Il étendit ensuite cette propriété à toutes les parties de la matière, et il établit en principe, que *chaque molécule de matière attire toutes les autres, en raison de sa masse et réciproquement au carré de sa distance à la molécule attirée.*

Ce principe n'est pas simplement une hypothèse qui satisfait à des phénomènes susceptibles d'être autrement expliqués; comme on satisfait de diverses manières, aux équations d'un problème indéterminé. Ici le problème est déterminé par les lois observées dans les mouvemens célestes dont ce principe est un résultat nécessaire. La pesanteur des planètes vers le soleil

est démontrée par la loi des aires proportionnelles aux temps : sa diminution en raison inverse du carré des distances est prouvée par l'ellipticité des orbes planétaires ; et la loi des carrés des temps des révolutions, proportionnels aux cubes des grands axes, montre avec évidence ; que la pesanteur solaire agirait également sur toutes les planètes supposées à la même distance du soleil, et dont les poids seraient par conséquent en raison des masses. L'égalité de l'action à la réaction fait voir que le soleil pèse à son tour vers les planètes, proportionnellement à leurs masses divisées par les carrés de leurs distances à cet astre. Les mouvemens des satellites prouvent qu'ils pèsent à la fois vers le soleil et vers leurs planètes, qui pèsent réciproquement sur eux ; en sorte qu'il existe entre tous les corps du système solaire, une attraction mutuelle, proportionnelle aux masses et réciproque au carré des distances. Enfin, leurs figures et les phénomènes de la pesanteur à la surface de la terre, nous montrent que cette attraction n'appartient pas seulement à ces corps considérés en masse ; mais qu'elle est propre à chacune de leurs molécules.

Parvenu à ce principe, Newton en vit découler les grands phénomènes du système du

monde. En considérant la pesanteur à la surface des corps célestes, comme la résultante des attractions de toutes leurs molécules, il trouva cette propriété remarquable et caractéristique de la loi d'attraction réciproque au carré des distances, savoir, que deux sphères formées de couches concentriques et de densités variables suivant des lois quelconques, s'attirent mutuellement, comme si leurs masses étaient réunies à leurs centres : ainsi les corps du système solaire agissent à très peu près, comme autant de centres attractifs, les uns sur les autres et même sur les corps placés à leur surface; résultat qui contribue à la régularité de leurs mouvemens, et qui fit reconnaître à ce grand géomètre la pesanteur terrestre, dans la force par laquelle la lune est retenue dans son orbite. Il prouva que le mouvement de rotation de la terre a dû l'aplatir à ses pôles, et il détermina les lois de la variation des degrés des méridiens et de la pesanteur à sa surface. Il vit que les attractions du soleil et de la lune font naître et entretiennent dans l'Océan, les oscillations que l'on y observe sous le nom de *flux et reflux de la mer*. Il reconnut que plusieurs inégalités de la lune et le mouvement rétrograde de ses nœuds, sont dus à l'action du soleil. Envisageant ensuite le renflement du

sphéroïde terrestre à l'équateur, comme un système de satellites adhérens à sa surface; il trouva que les actions combinées du soleil et de la lune tendent à faire rétrograder les nœuds des cercles qu'ils décrivent autour de l'axe de la terre, et que toutes ces tendances, en se communiquant à la masse entière de cette planète, doivent produire dans l'intersection de son équateur avec l'écliptique, cette retrogradation lente que l'on nomme *précession des équinoxes*. Ainsi la cause de ce grand phénomène, dépendant de l'aplatissement de la terre et du mouvement rétrograde que l'action du soleil imprime aux nœuds des satellites, ce que Newton a, le premier, fait connaître; elle n'avait pu avant lui, être soupçonnée. Kepler lui-même porté par une imagination active, à tout expliquer par des hypothèses, s'était vu contraint d'avouer sur cet objet, l'inutilité de ses efforts.

Mais à l'exception de ce qui concerne le mouvement elliptique des planètes et des comètes, l'attraction des corps sphériques, et le rapport des masses des planètes accompagnées de satellites, à celle du soleil; toutes ces découvertes n'ont été qu'ébauchées par Newton. Sa théorie de la figure des planètes est limitée par la supposition de leur homogénéité. Sa solution du pro-

blème de la précession des équinoxes, quoique fort ingénieuse et malgré l'accord apparent de son résultat avec les observations, est défectueuse à plusieurs égards. Dans le grand nombre des perturbations des mouvemens célestes, il n'a considéré que celles du mouvement lunaire, dont la plus grande, l'évection, a échappé à ses recherches. Il a bien établi l'existence du principe qu'il a découvert; mais le développement de ses conséquences et de ses avantages, a été l'ouvrage des successeurs de ce grand géomètre. L'imperfection du calcul infinitésimal à sa naissance, ne lui a pas permis de résoudre complètement les problèmes difficiles qu'offre la théorie du système du monde; et il a été souvent forcé de ne donner que des aperçus toujours incertains, jusqu'à ce qu'ils aient été vérifiés par une rigoureuse analyse. Malgré ces défauts inévitables; l'importance et la généralité des découvertes sur ce système et sur les points les plus intéressans de la Physique mathématique, un grand nombre de vues originales et profondes qui été le germe des plus brillantes théories des géomètres du dernier siècle, tout cela présenté avec beaucoup d'élégance, assure à l'ouvrage des Principes, la prééminence sur les autres productions de l'esprit humain.

Il n'en est pas des sciences comme de la littérature. Celle-ci a des limites qu'un homme de génie peut atteindre, lorsqu'il emploie une langue perfectionnée. On le lit avec le même intérêt dans tous les âges; et sa réputation, loin de s'affaiblir par le temps, s'augmente par les vains efforts de ceux qui cherchent à l'égaler. Les sciences, au contraire, sans bornes comme la nature, s'accroissent à l'infini par les travaux des générations successives : le plus parfait ouvrage, en les élevant à une hauteur d'où elles ne peuvent désormais descendre, donne naissance à de nouvelles découvertes, et prépare ainsi des ouvrages qui doivent l'effacer. D'autres présenteront sous un point de vue plus général et plus simple, les théories exposées dans le livre des Principes, et toutes les vérités qu'il a fait éclore ; mais il restera comme monument de la profondeur du génie qui nous a révélé la plus grande loi de l'univers.

Cet ouvrage et le traité non moins original du même auteur sur l'Optique, réunissent au mérite des découvertes, celui d'être les meilleurs modèles que l'on puisse se proposer dans les sciences, et dans l'art délicat de faire les expériences et de les assujettir au calcul. On y voit les plus heureuses applications de la mé-

thode qui consiste à s'élever par une suite d'inductions, des phénomènes aux causes, et à redescendre ensuite de ces causes, à tous les détails des phénomènes.

Les lois générales sont empreintes dans tous les cas particuliers; mais elles y sont compliquées de tant de circonstances étrangères, que la plus grande adresse est souvent nécessaire pour les découvrir. Il faut choisir ou faire naître les phénomènes les plus propres à cet objet, les multiplier en variant leurs circonstances, et observer ce qu'ils ont de commun entre eux. Ainsi, l'on s'élève successivement à des rapports de plus en plus étendus, et l'on parvient enfin aux lois générales que l'on vérifie, soit par des preuves ou par des expériences directes, lorsque cela est possible; soit en examinant si elles satisfont à tous les phénomènes connus.

Telle est la méthode la plus sûre qui puisse nous guider dans la recherche de la vérité. Aucun philosophe n'a été, plus que Newton, fidèle à cette méthode: aucun n'a possédé à un plus haut point, ce tact heureux qui, faisant discerner dans les objets, les principes généraux qu'ils recèlent, constitue le véritable génie des sciences; tact qui lui fit reconnaître dans la chute d'un corps, le principe de la pesanteur univer-

selle. Les savans anglais ses contemporains adoptèrent, à son exemple, la méthode des inductions, qui devint alors la base d'un grand nombre d'excellens ouvrages sur la Physique et sur l'Analyse. Les philosophes de l'antiquité, suivant une route contraire, et se plaçant à la source de tout, imaginèrent des causes générales pour tout expliquer. Leur méthode qui n'avait enfanté que de vains systèmes, n'eut pas plus de succès entre les mains de Descartes. Au temps de Newton; Leibnitz, Mallebranche et d'autres philosophes l'employèrent avec aussi peu d'avantages. Enfin, l'inutilité des hypothèses qu'elle a fait imaginer, et les progrès dont les sciences sont redevables à la méthode des inductions, ont ramené les bons esprits à cette dernière méthode que le chancelier Bacon avait établie avec toute la force de la raison et de l'éloquence, et que Newton a plus fortement encore recommandée par ses découvertes.

A l'époque où elles parurent, Descartes venait de substituer aux qualités occultes des péripatéticiens, les idées intelligibles de mouvement, d'impulsion et de force centrifuge. Son ingénieux système des tourbillons, fondé sur ces idées, avait été avidement reçu des savans que rebutaient les doctrines obscures et

insignifiantes de l'école, et ils crurent voir renaître dans l'attraction universelle, ces qualités occultes que le philosophe français avait si justement proscrites. Ce ne fut qu'après avoir reconnu le vague des explications cartésiennes, que l'on envisagea l'attraction comme Newton l'avait présentée, c'est-à-dire, comme un fait général auquel il s'était élevé par une suite d'inductions, et d'où il était redescendu pour expliquer les mouvemens célestes. Ce grand homme aurait mérité, sans doute, le reproche de rétablir les qualités occultes ; s'il se fût contenté d'attribuer à l'attraction universelle, le mouvement elliptique des planètes et des comètes, les inégalités du mouvement de la lune, celles des degrés terrestres et de la pesanteur, la précession des équinoxes, et le flux et reflux de la mer ; sans montrer la liaison de son principe avec ces phénomènes. Mais les géomètres, en rectifiant et en généralisant ses démonstrations, ayant trouvé le plus parfait accord entre les observations et les résultats de l'analyse ; ils ont unanimement adopté sa théorie du système du monde, devenue par leurs recherches, la base de toute l'Astronomie. Cette liaison analytique des faits particuliers avec un fait général, est ce qui constitue une théorie. C'est ainsi qu'ayant

déduit par un calcul rigoureux, tous les effets de la capillarité, du seul principe d'une attraction mutuelle entre les molécules de la matière, qui ne devient sensible qu'à des distances imperceptibles ; nous pouvons nous flatter d'avoir la vraie théorie de ce phénomène. Quelques savans frappés des avantages produits par l'admission de principes dont les causes sont inconnues, ont ramené dans plusieurs branches des sciences naturelles, les qualités occultes des anciens, et leurs explications insignifiantes. Envisageant la philosophie newtonienne, sous le même point de vue qui la fit rejeter des Cartésiens ; ils lui ont assimilé leurs doctrines qui n'ont cependant, rien de commun avec elle dans le point le plus important, l'accord rigoureux des résultats avec les phénomènes.

C'est au moyen de la synthèse, que Newton a exposé sa théorie du système du monde. Il paraît cependant qu'il avait trouvé la plupart de ses théorèmes, par l'analyse dont il a reculé les limites, et à laquelle il convient lui-même qu'il était redevable de ses résultats généraux sur les quadratures. Mais sa prédilection pour la synthèse, et sa grande estime pour la géométrie des anciens, lui firent traduire sous une forme synthétique, ses theorèmes et sa méthode

même des fluxions; et l'on voit par les règles et par les exemples qu'il a donnés de ces traductions, combien il y attachait d'importance. On doit regretter avec les Géomètres de son temps, qu'il n'ait pas suivi dans l'exposition de ses découvertes, la route par laquelle il y était parvenu; et qu'il ait supprimé les démonstrations de plusieurs résultats, paraissant préférer le plaisir de se faire deviner, à celui d'éclairer ses lecteurs. La connaissance de la méthode qui a guidé l'homme de génie, n'est pas moins utile au progrès de la science et même à sa propre gloire, que ses découvertes: cette méthode en est souvent la partie la plus intéressante, et si Newton au lieu d'énoncer simplement l'équation différentielle du solide de la moindre résistance, eût en même temps, présenté toute son analyse; il aurait eu l'avantage de donner le premier essai de la méthode des variations, l'une des branches les plus fécondes de l'analyse moderne.

La préférence de ce grand géomètre pour la synthèse, et son exemple ont, peut-être, empêché ses compatriotes, de contribuer autant qu'ils l'auraient pu, aux accroissemens que l'Astronomie a reçus par l'application de l'analyse, au principe de la pesanteur universelle.

Cette préférence s'explique par l'élégance avec laquelle il a su lier sa théorie des mouvemens curvilignes, aux recherches des anciens sur les sections coniques, et aux belles découvertes qu'Huygens venait de publier suivant cette méthode. La synthèse géométrique a d'ailleurs la propriété de ne faire jamais perdre de vue son objet, et d'éclairer la route entière qui conduit des premiers axiomes, à leurs dernières conséquences; au lieu que l'analyse algébrique nous fait bientôt oublier l'objet principal pour nous occuper de combinaisons abstraites, et ce n'est qu'à la fin, qu'elle nous y ramène. Mais en s'isolant ainsi des objets, après en avoir pris ce qui est indispensable pour arriver au résultat que l'on cherche; en s'abandonnant ensuite aux opérations de l'analyse, et réservant toutes ses forces pour vaincre les difficultés qui se présentent; on est conduit par la généralité de cette méthode, et par l'inestimable avantage de transformer le raisonnement, en procédés mécaniques, à des résultats souvent inaccessibles à la synthèse. Telle est la fécondité de l'analyse, qu'il suffit de traduire dans cette langue universelle, les vérités particulières, pour voir sortir de leurs expressions, une foule de vérités nouvelles et inattendues. Aucune langue n'est autant

susceptible de l'élégance qui naît du développement d'une longue suite d'expressions enchaînées les unes aux autres, et découlant toutes, d'une même idée fondamentale. L'analyse réunit encore à ces avantages, celui de pouvoir toujours conduire aux méthodes les plus simples : il ne s'agit pour cela, que de l'appliquer d'une manière convenable, par un choix heureux des inconnues, et en donnant aux résultats, la forme la plus facile à construire géométriquement, ou à réduire en nombres : Newton lui-même en offre beaucoup d'exemples dans son Arithmétique universelle. Aussi les Géomètres modernes convaincus de cette supériorité de l'analyse, se sont spécialement appliqués à étendre son domaine et à reculer ses bornes (1).

Cependant, les considérations géométriques ne doivent point être abandonnées : elles sont de la plus grande utilité dans les arts. D'ail-

(1) Les premières applications de l'analyse au mouvement de la lune offrirent un exemple de cette supériorité : elles donnèrent avec facilité, non-seulement l'inégalité de la variation, que Newton avait obtenue difficilement par un procédé synthétique ; mais encore l'évection qu'il n'avait pas même essayé de rattacher à la loi de la pesanteur. Il serait certainement impossible de parvenir par la

leurs, il est curieux de se figurer dans l'espace, les divers résultats de l'analyse ; et réciproquement, de lire toutes les modifications des lignes et des surfaces, et les variations du mouvement des corps, dans les équations qui les expriment. Ce rapprochement de la Géométrie et de l'Analyse, répand un nouveau jour sur ces deux sciences : les opérations intellectuelles de celle-ci, rendues sensibles par les images de la première, sont plus faciles à saisir, plus intéressantes à suivre; et quand l'observation réalise ces images et transforme les résultats géométriques, en lois de la nature; quand ces lois, en embrassant l'univers, dévoilent à nos yeux, ses états passés et à venir; la vue de ce sublime spectacle nous fait éprouver le plus noble des plaisirs réservés à la nature humaine.

Environ cinquante ans s'écoulèrent depuis la découverte de l'attraction, sans que l'on y ajoutât rien de remarquable. Il fallut tout ce

---

synthèse, aux nombreuses inégalités lunaires dont les valeurs déterminées par l'analyse représentent les observations, aussi exactement que nos meilleures tables formées par la combinaison d'un nombre immense d'observations avec la théorie.

temps à cette grande vérité, pour être généralement comprise, et pour surmonter les obstacles que lui opposaient, l'opinion admise sur le continent, que l'on devait à l'exemple de Descartes, expliquer mécaniquement la pesanteur ; les divers systèmes imaginés pour cet objet, et l'autorité de plusieurs grands géomètres qui la combattirent, peut-être par amour-propre, mais qui cependant, en ont hâté le progrès, par leurs travaux sur l'analyse infinitésimale. Parmi les contemporains de Newton, Huygens fait plus qu'aucun autre, pour apprécier le mérite de cette découverte, admit la gravitation des grands corps célestes les uns vers les autres, en raison inverse du carré des distances, et tous les résultats que Newton en avait déduits sur le mouvement elliptique des planètes, des satellites et des comètes, et sur la pesanteur à la surface des planètes accompagnées de satellites. Il rendit à Newton, sous ces rapports, toute la justice qui lui était due. Mais de fausses idées sur la cause de la gravité, lui firent rejeter l'attraction de molécule à molécule, et les théories de la figure des planètes et de la variation de la pesanteur à leur surface, qui en dépendent. On doit cependant observer que la loi de la gravitation universelle n'avait

pas pour les contemporains de Newton et pour Newton lui-même, toute la certitude que le progrès des sciences mathématiques et des observations, lui ont donnée. Euler et Clairaut qui les premiers, avec d'Alembert, appliquèrent l'analyse aux perturbations des mouvemens célestes, ne la jugèrent pas suffisamment établie, pour attribuer à l'inexactitude des approximations ou du calcul, les différences qu'ils trouvèrent entre l'observation et leurs résultats sur les mouvemens de Saturne et du périgée lunaire. Mais ces trois grands géomètres et leurs successeurs ayant rectifié ces résultats, perfectionné les méthodes, et porté les approximations aussi loin qu'il est nécessaire, sont enfin parvenus à expliquer par la seule loi de la pesanteur, tous les phénomènes du système du monde, et à donner aux théories et aux tables astronomiques, une précision inéspérée. Il n'y a pas encore trois siècles, que Copernic introduisit dans ces tables, les mouvemens de la terre et des autres planètes autour du soleil. Environ un siècle après, Kepler y fit entrer les lois du mouvement elliptique, qui dépendent de la seule attraction solaire. Maintenant, elles renferment les nombreuses inégalités qui naissent de l'attraction mutuelle des corps du système planétaire : tout empi-

risme en est banni; et elles n'empruntent de l'observation, que les données indispensables.

C'est principalement dans ces applications de l'analyse, que se manifeste la puissance de ce merveilleux instrument sans lequel il eût été impossible de pénétrer un mécanisme aussi compliqué dans ses effets, qu'il est simple dans sa cause. Le géomètre embrasse présentement dans ses formules, l'ensemble du système solaire et ses variations successives. Il remonte aux divers états de ce système dans les temps les plus reculés, et il redescend à tous ceux que les temps à venir dévoileront aux observateurs. Il voit ces grands changemens dont l'entier développement exige des millions d'années, se renouveler en peu de siècles, dans le système des satellites de Jupiter, par la promptitude de leurs révolutions, et y produire de singuliers phénomènes entrevus par les astronomes, mais trop compliqués ou trop lents pour qu'ils en aient pu déterminer les lois. La théorie de la pesanteur, devenue par tant d'applications, un moyen de découvertes, aussi certain que l'observation elle-même, a fait connaître ces lois et beaucoup d'autres dont les plus remarquables sont la grande inégalité de Jupiter et de Saturne, les équations séculaires des mouvemens de la lune par

rapport à ses nœuds et à son périgée, et le beau rapport qui existe entre les mouvemens des trois premiers satellites de Jupiter.

Par ce moyen, le géomètre a su tirer des observations, comme d'une mine féconde, les élémens les plus importans de l'Astronomie, qui sans l'analyse, y resteraient éternellement cachés. Il a déterminé les valeurs respectives des masses du soleil, des planètes et des satellites, par les révolutions de ces différens corps, et par le développement de leurs inégalités périodiques et séculaires : la vitesse de la lumière et l'ellipticité de Jupiter, lui ont été données par les éclipses des satellites, avec plus de précision que par l'observation directe : il a conclu la rotation d'Uranus, de Saturne et de son anneau, et l'aplatissement de ces deux planètes, de la position respective des orbes de leurs satellites : les parallaxes du soleil et de la lune, et l'ellipticité même du sphéroïde terrestre, se sont manifestées dans les inégalités lunaires; car on a vu que la lune, par son mouvement, décèle à l'Astronomie perfectionnée, l'aplatissement de la terre dont elle fit connaître la rondeur aux premiers astronomes, par ses éclipses. Enfin, par une combinaison heureuse de l'analyse avec les observations, la lune qui semble avoir été don-

née à la terre, pour l'éclairer pendant les nuits, est encore devenue le guide le plus assuré du navigateur qu'elle garantit des dangers auxquels il fut exposé long-temps par les erreurs de son estime. La perfection de la théorie lunaire, à laquelle il doit ce précieux avantage et celui de fixer avec exactitude la position des lieux où il attère, est le fruit des travaux des géomètres, depuis un demi-siècle; et pendant ce court intervalle, la Géographie accrue par l'usage des Tables lunaires et des montres marines, a fait plus de progrès, que dans tous les siècles précédens. Ces théories sublimes réunissent ainsi tout ce qui peut donner du prix aux découvertes; la grandeur et l'utilité de l'objet, la fécondité des résultats, et le mérite de la difficulté vaincue.

Il a fallu pour y parvenir, perfectionner à la fois, la Mécanique, l'Optique, les observations et l'analyse, qui sont principalement redevables de leurs accroissemens rapides, aux besoins de la Physique céleste. On pourra la rendre encore plus exacte et plus simple; mais la postérité verra sans doute avec reconnaissance, que les géomètres modernes ne lui auront transmis aucun phénomène astronomique dont ils n'aient déterminé les lois et la cause. On doit à la

France, la justice d'observer que si l'Angleterre a eu l'avantage de donner naissance à la découverte de la pesanteur universelle; c'est principalement aux géomètres français, et aux prix décernés par l'Académie des Sciences, que sont dus les nombreux développemens de cette découverte, et la révolution qu'elle a produite dans l'Astronomie (1).

L'attraction régulatrice du mouvement et de la figure des corps célestes, n'est pas la seule qui existe entre leurs molécules : elles obéissent

(1) L'histoire de l'Astronomie doit citer avec reconnaissance, le nom d'un magistrat, l'un de ses plus utiles bienfaiteurs. En 1714, M. Rouillé de Meslay, conseiller au Parlement de Paris, légua par testament à l'Académie des Sciences, une somme considérable pour fonder deux prix annuels sur le perfectionnement des théories astronomiques et des moyens d'obtenir les longitudes à la mer. Ces prix ont été remportés successivement par les plus grands géomètres étrangers, et les profondes recherches contenues dans leurs pièces couronnées par l'Académie, ont rempli complettement les vues du fondateur. Un moyen insignifiant d'obtenir les longitudes à la mer, que M. Rouillé de Meslay avait présenté dans son testament, avec réserve, servit de prétexte à ses héritiers, pour attaquer ce testament. L'Académie des Sciences le défendit, et fort heureusement pour l'Astronomie et pour la Géographie, le procès fut jugé en sa faveur.

encore à des forces attractives dont dépend la constitution intime des corps, et qui ne sont sensibles qu'à des distances imperceptibles à nos sens. Newton a donné le premier exemple du calcul de ce genre de forces, en démontrant que dans le passage de la lumière, d'un milieu transparent dans un autre, l'attraction des milieux la réfracte de manière que les sinus de réfraction et d'incidence, sont toujours en raison constante ; ce que l'expérience avait déjà fait connaître. Ce grand physicien, dans son Traité d'Optique, a fait dériver de semblables forces, la cohésion, les affinités, les phénomènes chimiques alors connus, et ceux de la capillarité. Il a posé ainsi, les vrais principes de la Chimie, dont l'adoption générale a été plus tardive encore que celle du principe de la pesanteur. Cependant, il n'a donné qu'une explication imparfaite des phénomènes capillaires; et leur théorie complète a été l'ouvrage de ses successeurs.

Le principe de la pesanteur universelle, est-il une loi primordiale de la nature, ou n'est-il qu'un effet général d'une cause inconnue ? Ne peut-on pas ramener à ce principe, les affinités ? Newton plus circonspect que plusieurs de ses disciples, ne s'est point prononcé sur ces questions auxquelles l'ignorance où nous sommes,

des propriétés intimes de la matière, ne permet pas de répondre d'une manière satisfaisante. Au lieu de former sur cela des hypothèses, bornons-nous à présenter quelques réflexions sur ce principe et sur la manière dont il a été employé par les Géomètres. La loi très simple qu'il énonce, est celle des émanations qui partent d'un centre. Elle paraît être la loi de toutes les forces dont l'action se fait apercevoir à des distances sensibles, comme on l'a reconnu dans les forces électriques et magnétiques. Ainsi cette loi répondant exactement à tous les phénomènes, doit être regardée par sa simplicité et par sa généralité, comme rigoureuse. Une de ses propriétés remarquables, est que si les dimensions de tous les corps de l'univers, leurs distances mutuelles et leurs vitesses venaient à croître ou à diminuer proportionnellement; ils décriraient des courbes entièrement semblables à celles qu'ils décrivent; en sorte que, l'univers réduit ainsi successivement jusqu'au plus petit espace imaginable, offrirait toujours les mêmes apparences à ses observateurs. Ces apparences sont par conséquent indépendantes des dimensions de l'univers; comme en vertu de la loi de proportionnalité de la force à la vitesse, elles sont indépen-

dantes du mouvement absolu qu'il peut avoir dans l'espace. La simplicité des lois de la nature, ne nous permet donc d'observer et de connaître que des rapports.

La loi de l'attraction donne aux corps célestes, la propriété de s'attirer, à très peu près comme si leurs masses étaient réunies à leurs centres de gravité : elle donne encore à leurs surfaces et aux orbes qu'ils décrivent, la forme elliptique, la plus simple après les formes sphérique et circulaire, que l'antiquité jugea essentielles aux astres et à leurs mouvemens.

L'attraction se communique-t-elle dans un instant, d'un corps à l'autre? La durée de sa transmission, si elle était sensible pour nous, se manifesterait principalement par une accélération séculaire dans le mouvement de la lune. On avait proposé ce moyen d'expliquer l'accélération que l'on observe dans ce mouvement; et l'on trouvait que pour satisfaire aux observations, il fallait attribuer à la force attractive, une vitesse sept millions de fois plus grande que celle d'un rayon lumineux. La cause de l'équation séculaire de la lune, étant aujourd'hui bien connue; nous pouvons affirmer que l'attraction se transmet cinquante millions de fois au moins, plus promptement que la

lumière. On peut donc sans craindre aucune erreur sensible, considérer sa transmission, comme instantanée.

L'attraction peut encore faire naître et entretenir sans cesse le mouvement dans un système de corps primitivement en repos; car il n'est pas vrai de dire avec plusieurs philosophes, qu'elle doit à la longue, les réunir tous à leur centre commun de gravité. Les seuls élémens qui doivent toujours rester nuls, sont le mouvement de ce centre, et la somme des aires décrites autour de lui dans un temps donné, par toutes les molécules du système projeté sur un plan quelconque.

CHAPITRE VI.

Considérations sur le Système du Monde, et sur les progrès futurs de l'Astronomie.

Le précis que nous venons de donner de l'histoire de l'Astronomie, offre trois périodes bien distincts, qui se rapportant aux phénomènes, aux lois qui les régissent, et aux forces dont ces lois dépendent, nous montrent la route que cette science a suivie dans ses progrès, et que les autres sciences naturelles doivent suivre à son exemple. Le premier période embrasse les observations des astronomes antérieurs à Copernic sur les apparences des mouvemens célestes, et les hypothèses qu'ils ont imaginées pour expliquer ces apparences et pour les soumettre au calcul. Dans le second période, Copernic déduit de ces apparences les mouvemens de la terre sur elle-même et autour du soleil, et Kepler découvre les lois des mouvemens planétaires. Enfin dans le troisième période, Newton en s'appuyant sur ces lois, s'élève au principe de la gravitation universelle; et les géomètres appliquant

l'analyse à ce principe, en font dériver tous les phénomènes astronomiques et les nombreuses inégalités du mouvement des planètes, des satellites et des comètes. L'Astronomie est ainsi devenue la solution d'un grand problème de Mécanique, dont les élémens des mouvemens célestes sont les constantes arbitraires. Elle a toute la certitude qui résulte du nombre immense et de la variété des phénomènes rigoureusement expliqués, et de la simplicité du principe qui suffit seul à ces explications. Loin d'avoir à craindre qu'un astre nouveau ne démente ce principe, on peut affirmer d'avance que son mouvement y sera conforme : c'est ce que nous avons vu nous-mêmes, à l'égard d'Uranus et des quatre planètes télescopiques récemment découvertes; et chaque apparition de comète, en fournit une nouvelle preuve.

Telle est donc sans aucun doute, la constitution du système solaire. Le globe immense du soleil, foyer principal des mouvemens divers de ce système, tourne en vingt-cinq jours et demi sur lui-même : sa surface est recouverte d'un océan de matière lumineuse : au-delà, les planètes avec leurs satellites se meuvent dans des orbes presque circulaires, et sur des plans peu inclinés à l'équateur solaire. D'innombrables comètes, après s'être

approchées du soleil, s'en éloignent à des distances qui prouvent que son empire s'étend beaucoup plus loin que les limites connues du système planétaire. Non-seulement cet astre agit par son attraction sur tous ces globes, en les forçant à se mouvoir autour de lui; mais il répand sur eux, sa lumière et sa chaleur. Son action bienfaisante fait éclore les animaux et les plantes qui couvrent la terre, et l'analogie nous porte à croire qu'elle produit de semblables effets sur les planètes; car il est naturel de penser que la matière dont nous voyons la fécondité se développer en tant de manières, n'est pas stérile sur une aussi grosse planète que Jupiter qui, comme le globe terrestre, a ses jours, ses nuits et ses années, et sur lequel les observations indiquent des changemens qui supposent des forces très actives. L'homme fait pour la température dont il jouit sur la terre, ne pourrait pas, selon toute apparence, vivre sur les autres planètes : mais ne doit-il pas y avoir une infinité d'organisations relatives aux diverses températures des globes de cet univers? Si la seule différence des élémens et des climats, met tant de variété dans les productions terrestres; combien plus doivent différer celles des diverses planètes et de leurs satellites? L'imagination la plus active ne peut

s'en former aucune idée ; mais leur existence est, au moins, fort vraisemblable.

Quoique les élémens du système des planètes, soient arbitraires; cependant, ils ont entre eux, des rapports qui peuvent nous éclairer sur son origine. En le considérant avec attention, on est étonné de voir toutes les planètes se mouvoir autour du soleil, d'occident en orient, et presque dans le même plan; les satellites en mouvement autour de leurs planètes, dans le même sens et à peu près dans le même plan que les planètes; enfin, le soleil, les planètes et les satellites dont on a observé les mouvemens de rotation, tournant sur eux-mêmes, dans le sens et à peu près dans le plan de leurs mouvemens de projection. Les satellites offrent à cet égard, une singularité remarquable. Leur mouvement de rotation est exactement égal à leur mouvement de révolution, en sorte qu'ils présentent constamment le même hémisphère à leur planète. C'est du moins, ce que l'on observe pour la lune, pour les quatre satellites de Jupiter et pour le dernier satellite de Saturne, les seuls satellites dont on ait reconnu jusqu'ici la rotation.

Des phénomènes aussi extraordinaires, ne sont point l'effet du hasard. En soumettant au calcul leur probabilité, on trouve qu'il y a plus de

deux cent mille milliards à parier contre un, qu'ils ne sont point l'effet du hasard; ce qui forme une probabilité bien supérieure à celle de la plupart des évènemens historiques sur lesquels nous ne nous permettons aucun doute. Nous devons donc croire, au moins avec la même confiance, qu'une cause primitive a dirigé les mouvemens planétaires.

Un autre phénomène également remarquable du système solaire, est le peu d'excentricité des orbes des planètes et des satellites, tandis que ceux des comètes sont fort alongés; les orbes de ce système n'offrant point de nuances intermédiaires entre une grande et une petite excentricité. Nous sommes encore forcés de reconnaître ici l'effet d'une cause régulière : le hasard n'eût point donné une forme presque circulaire aux orbes de toutes les planètes; il est donc nécessaire que la cause qui a déterminé les mouvemens de ces corps, les ait rendus presque circulaires : il faut de plus, que la grande excentricité des orbes des comètes, et la direction de leur mouvement dans tous les sens, en soient des résultats nécessaires.

Quelle est cette cause primitive ? puisqu'elle a produit ou dirigé les mouvemens des planètes, il faut qu'elle ait embrassé tous ces corps; et vu

les distances qui les séparent, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense étendue. Ce fluide n'a pu leur donner un mouvement presque circulaire autour du soleil dans le sens du mouvement de rotation de cet astre, et dirigé à peu près dans le plan de l'équateur solaire, sans avoir eu lui-même un mouvement semblable; il environnait donc le soleil comme une atmosphère. La considération des mouvemens planétaires nous conduit ainsi à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles. Si les planètes avaient pénétré profondément dans cette atmosphère, sa résistance les aurait fait tomber sur le soleil; on peut donc conjecturer qu'elles ont été formées à ses limites successives, par la condensation des zones de vapeurs qu'elle a dû, en se refroidissant, abandonner dans le plan de son équateur. Les satellites ont pu être formés de la même manière, par la condensation des atmosphères des planètes: il paraît même difficile d'assigner une autre origine à l'anneau de Saturne. Je m'éloignerais trop de mon sujet, en rapportant ici les développemens de cette hypothèse, que j'ai donnés dans l'*Exposition*

du Système du Monde où, malgré la vraisemblance qui en résulte, je l'ai présentée avec la défiance que doit inspirer tout ce qui n'est point un résultat direct de l'observation ou du calcul.

Quoi qu'il en soit de la vérité de ces conjectures; il est certain que les élémens du système planétaire, sont ordonnés de manière qu'il doit jouir de la plus grande stabilité, si des causes étrangères ne viennent point la troubler. Par cela seul que les mouvemens des planètes et des satellites sont presque circulaires et dirigés dans le même sens et dans des plans peu différens, ce système ne fait qu'osciller autour d'un état moyen dont il ne s'écarte jamais que de quantités très petites. Les moyens mouvemens de rotation et de révolution de ces divers corps sont uniformes, et leurs distances moyennes aux foyers des forces principales qui les animent, sont constantes : toutes les inégalités séculaires sont périodiques. Les plus considérables sont celles qui affectent les mouvemens de la lune par rapport à son périgée, à ses nœuds et au soleil : elles s'élèvent à plusieurs circonférences; mais après un très grand nombre de siècles, elles se rétablissent. Dans ce long intervalle, toutes les parties de la surface lunaire se présenteraient successivement à la terre, sans l'attrac-

tion du sphéroïde terrestre, qui faisant participer la rotation de la lune, à ces grandes inégalités, ramène sans cesse vers nous le même hémisphère de ce satellite, et rend l'autre hémisphère invisible à jamais. C'est ainsi que l'attraction réciproque des trois premiers satellites de Jupiter a primitivement établi et maintient le rapport que l'on observe entre leurs moyens mouvemens, et qui consiste, en ce que la longitude moyenne du premier satellite, moins trois fois celle du second, plus deux fois celle du troisième, est constamment égale à deux angles droits. En vertu des attractions célestes, la grandeur de l'année sur chaque planète, est toujours à très peu près la même : le changement d'inclinaison de son orbite à son équateur, renfermé dans d'étroites limites, ne peut apporter que de légères variétés dans la température des saisons. Il semble que la nature ait tout disposé dans le ciel, pour assurer la durée du système planétaire, par des vues semblables à celles qu'elle nous paraît suivre si admirablement sur la terre, pour la conservation des individus, et pour la perpétuité des espèces. (1)

Cette considération seule expliquerait la dis-

(1) C'est principalement à l'attraction des grands

position de ce système, si le géomètre ne devait pas étendre plus loin sa vue, et chercher dans les lois primordiales de la nature, la cause des phénomènes le plus indiqués par l'ordre de l'univers. Déjà quelques-uns d'eux ont été ramenés à ces lois. Ainsi la stabilité des pôles de la terre à sa surface, et celle de l'équilibre des mers, l'une et l'autre si nécessaires à la conservation des êtres organisés, ne sont qu'un simple résultat du mouvement de rotation, et de la pesanteur universelle. Par sa rotation, la terre a été aplatie, et son axe de révolution est devenu l'un de ses axes principaux; ce qui rend invariables, les climats et la durée du jour. En vertu de la pesanteur, les couches terrestres les plus denses

---

corps placés au centre du système des planètes et des systèmes de satellites, qu'est due la stabilité de ces systèmes que l'action mutuelle de tous ces corps, et les attractions étrangères tendent sans cesse à troubler. Si l'action de Jupiter venait à cesser; ses satellites que nous voyons se mouvoir autour de lui suivant un ordre admirable, se disperseraient aussitôt, les uns en décrivant autour du soleil des ellipses très alongées, les autres en s'éloignant indéfiniment dans des orbes hyperboliques. Ainsi l'inspection attentive du système solaire, nous montre la nécessité d'une force centrale très puissante, pour maintenir l'ensemble d'un système et la régularité de ses mouvemens.

se sont rapprochées du centre de la terre dont la moyenne densité surpasse ainsi celle des eaux qui la recouvrent; ce qui suffit pour assurer la stabilité de l'équilibre des mers, et pour mettre *un frein à la fureur des flots*. Ces phénomènes et quelques autres semblablement expliqués, autorisent à penser que tous dépendent de ces lois, par des rapports plus ou moins cachés; mais dont il est plus sage d'avouer l'ignorance, que d'y substituer des causes imaginées par le seul besoin de calmer notre inquiétude sur l'origine des choses qui nous intéressent. Parcourons l'histoire des progrès de l'esprit humain et de ses erreurs; nous y verrons les causes finales reculées constamment aux bornes de ses connaissances. Ces mêmes causes que Newton transporta aux limites du système solaire, étaient, il n'y a pas long-temps, placées dans l'atmosphère, pour expliquer les météores; elles ne sont donc aux yeux du philosophe, que l'expression de l'ignorance où nous sommes, des véritables causes.

Portons maintenant nos regards, au-delà du système solaire, sur ces innombrables soleils répandus dans l'immensité de l'espace, à un éloignement de nous, tel que le diamètre entier de l'orbe terrestre, observé de leur centre, serait insensible. Plusieurs étoiles éprouvent dans leur

couleur et dans leur clarté, des changemens périodiques remarquables : ils indiquent à la surface de ces astres, de grandes taches que des mouvemens de rotation présentent et dérobent alternativement à nos yeux. D'autres étoiles ont paru tout-à-coup, et ont ensuite disparu après avoir brillé pendant plusieurs mois, d'un vif éclat. Telle fut l'étoile observée par Tycho-Brahé en 1572, dans la constellation de Cassiopée. En très peu de temps, elle surpassa la clarté des plus brillantes étoiles et de Jupiter même ; on la voyait en plein jour. Sa lumière s'affaiblit ensuite, et elle disparut seize mois après sa découverte. Sa couleur éprouva des variations considérables : elle fut d'abord d'un blanc éclatant, ensuite d'un jaune rougeâtre, et enfin d'un blanc plombé comme Saturne. Quels changemens prodigieux ont dû s'opérer sur ces grands corps, pour être aussi sensibles à la distance qui nous en sépare! Combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du soleil, et nous convaincre que la nature est loin d'être toujours et partout la même! Tous ces astres devenus invisibles n'ont point changé de place durant leur apparition. Il existe donc dans l'espace céleste, des corps opaques aussi considérables, et peut-être en aussi grand nombre que les étoiles.

Il paraît que loin d'être disséminées à des distances à peu près égales, les étoiles sont rassemblées en divers groupes dont quelques-uns renferment des milliards de ces astres. Notre soleil et les plus brillantes étoiles font probablement partie d'un de ces groupes, qui vu du point où nous sommes, semble entourer le ciel et forme la voie lactée. Le grand nombre d'étoiles que l'on aperçoit à la fois dans le champ d'un fort télescope dirigé vers cette voie, nous prouve son immense profondeur qui surpasse mille fois la distance de Syrius à la terre; en sorte qu'il est vraisemblable que les rayons émanés de la plupart de ces étoiles, ont employé un grand nombre de siècles à venir jusqu'à nous. La voie lactée finirait par offrir à l'observateur qui s'en éloignerait indéfiniment, l'apparence d'une lumière blanche et continue, d'un petit diamètre; car l'irradiation qui subsiste même dans les meilleurs télescopes, couvrirait l'intervalle des étoiles. Il est donc probable que parmi les nébuleuses, plusieurs sont des groupes d'un très grand nombre d'étoiles, qui vus de leur intérieur, paraîtraient semblables à la voie lactée. Si l'on réfléchit maintenant à cette profusion d'étoiles et de nébuleuses, répandues dans l'espace céleste, et aux intervalles immenses qui les séparent; l'imagina-

tion étonnée de la grandeur de l'univers, aura peine à lui concevoir des bornes.

Herschel, en observant les nébuleuses au moyen de ses puissans télescopes, a suivi les progrès de leur condensation, non sur une seule, ces progrès ne pouvant devenir sensibles pour nous, qu'après des siècles; mais sur leur ensemble, comme on suit dans une vaste forêt l'accroissement des arbres, sur les individus de divers âges, qu'elle renferme. Il a d'abord observé la matière nébuleuse répandue en amas divers, dans les différentes parties du ciel dont elle occupe une grande étendue. Il a vu dans quelques uns de ces amas, cette matière faiblement condensée autour d'un ou de plusieurs noyaux peu brillans. Dans d'autres nébuleuses, ces noyaux brillent davantage relativement à la nébulosité qui les environne. Les atmosphères de chaque noyau, venant à se séparer par une condensation ultérieure, il en résulte des nébuleuses multiples formées de noyaux brillans très voisins, et environnés, chacun, d'une atmosphère : quelquefois, la matière nébuleuse, en se condensant d'une manière uniforme, produit les nébuleuses que l'on nomme *planétaires*. Enfin, un plus grand degré de condensation, transforme toutes ces nébuleuses, en

étoiles. Les nébuleuses classées d'après cette vue philosophique, indiquent avec une extrême vraisemblance, leur transformation future en étoiles, et l'état antérieur de nébulosité des étoiles existantes. Ainsi l'on descend par le progrès de la condensation de la matière nébuleuse, à la considération du soleil environné autrefois d'une vaste atmosphère, considération à laquelle je suis remonté par l'examen des phénomènes du système solaire. Une rencontre aussi remarquable en suivant des routes opposées, donne à l'existence de cet état antérieur du soleil, une grande probabilité.

En rattachant la formation des comètes à celle des nébuleuses; on peut les regarder comme de petites nébuleuses errantes de systèmes en systèmes solaires, et formées par la condensation de la matière nébuleuse répandue avec tant de profusion dans l'univers. Les comètes seraient ainsi par rapport à notre système, ce que les aérolithes sont relativement à la terre à laquelle elles paraissent étrangères. Lorsque ces astres deviennent visibles pour nous, ils offrent une ressemblance si parfaite avec les nébuleuses, qu'on les confond souvent avec elles, et ce n'est que par leur mouvement ou par la connaissance de toutes les nébuleuses renfermées dans la partie

du ciel où ils se montrent, qu'on parvient à les en distinguer. Cette hypothèse explique d'une manière heureuse, l'extension que prennent les têtes et les queues des comètes, à mesure qu'elles approchent du soleil; l'extrême rareté de ces queues qui, malgré leur immense profondeur, n'affaiblissent point sensiblement l'éclat des étoiles que l'on voit à travers; la direction du mouvement des comètes dans tous les sens, et la grande excentricité de leurs orbites.

Des considérations précédentes fondées sur les observations télescopiques, il résulte que le mouvement du système solaire est très composé. La lune décrit un orbe presque circulaire autour de la terre; mais vue du soleil, elle paraît décrire une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la circonférence de l'orbe terrestre. Pareillement, la terre décrit une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la courbe que le soleil décrit autour du centre de gravité du groupe d'étoiles dont il fait partie. Enfin le soleil décrit lui-même une suite d'épicycloïdes dont les centres sont sur la courbe décrite par le centre de gravité de ce groupe, autour de celui de l'univers. L'Astronomie a déjà fait un grand pas, en nous faisant connaître le mouvement de la terre, et les épicycloïdes que la lune et les

satellites décrivent sur les orbes de leurs planètes respectives. Mais s'il a fallu des siècles pour connaître les mouvemens du système planétaire, quelle durée prodigieuse exige la détermination des mouvemens du soleil et des étoiles! Déjà les observations nous montrent ces mouvemens : leur ensemble paraît indiquer un mouvement général de tous les corps du système solaire, vers la constellation d'Hercule; mais elles semblent prouver en même temps, que les mouvemens apparens des étoiles sont une combinaison de leurs mouvemens propres avec celui du soleil. On remarque de plus, des mouvemens très singuliers dans les étoiles *doubles :* c'est ainsi que l'on nomme ces étoiles qui, vues dans le télescope, paraissent formées de deux étoiles très voisines. Ces deux étoiles tournent l'une autour de l'autre d'une manière assez sensible dans quelques-unes, pour que l'on ait pu déterminer à peu près par les observations d'un petit nombre d'années, la durée de leurs révolutions.

Tous ces mouvemens des étoiles, leurs parallaxes, les variations périodiques de la lumière des étoiles changeantes, et les durées de leurs mouvemens de rotation ; un catalogue des étoiles qui ne font que paraître, et leur position au moment de leur éclat passager; enfin les chan-

gemens successifs de la figure des nébuleuses, déjà sensibles dans quelques-unes, et spécialement dans la belle nébuleuse d'Orion; tels seront relativement aux étoiles, les principaux objets de l'Astronomie future. Ses progrès dépendent de ces trois choses, la mesure du temps, celle des angles, et la perfection des instrumens d'optique. Les deux premières ne laissent maintenant presque rien à désirer; c'est donc principalement vers la troisième que les encouragemens doivent être dirigés; car il n'est pas douteux que si l'on parvient à donner de très grandes ouvertures, aux lunettes achromatiques; elles feront découvrir dans les cieux, des phénomènes jusqu'à présent invisibles; surtout si l'on a soin de les transporter dans l'atmosphère pure et rare des hautes montagnes de l'équateur.

Il reste encore à faire sur notre propre système, de nombreuses découvertes. La planète Uranus et ses satellites nouvellement reconnus, donnaient lieu de conjecturer l'existence de quelques planètes jusqu'ici non observées. On avait même soupçonné qu'il devait y en avoir une entre Jupiter et Mars, pour satisfaire à la progression double qui règne à peu près, dans les intervalles des orbes planétaires à celui de Mercure. Ce soupçon a été confirmé par la décou-

verte de quatre petites planètes qui sont à des distances du soleil, peu différentes de la distance que cette progression assigne à la planète intermédiaire entre Jupiter et Mars. L'action de Jupiter sur ces planètes, accrue par la grandeur des excentricités et des inclinaisons de leurs orbes entrelacés, produit dans leurs mouvemens, des inégalités considérables qui répandront un nouveau jour sur la théorie des attractions célestes, et donneront lieu de la perfectionner encore.

Les élémens arbitraires de cette théorie, et la convergence de ses approximations, dépendent de la précision des observations et du progrès de l'analyse; et par là, elle doit de jour en jour, acquérir plus d'exactitude. Les grandes inégalités séculaires des corps célestes, résultantes de leurs attractions mutuelles, et que déjà l'observation fait apercevoir, se développeront avec les siècles. Des observations faites avec de puissans télescopes, sur les satellites, perfectionneront les théories de leurs mouvemens, et peut-être en feront découvrir de nouveaux. On déterminera par des mesures précises et multipliées, toutes les inégalités de la figure de la terre, et de la pesanteur à sa surface; et bientôt, l'Europe entière sera couverte d'un réseau de triangles qui feront connaître exactement, la

position, la courbure et la grandeur de toutes ses parties. Les phénomènes du flux et du reflux de la mer, et leurs singulières variétés dans les différens ports des deux hémisphères, seront déterminés par une longue suite d'observations, et comparés à la théorie de la pesanteur. On reconnaîtra si les mouvemens de rotation et de révolution de la terre sont sensiblement altérés par les changemens qu'elle éprouve à sa surface, et par le choc des aérolithes qui, selon toutes les vraisemblances, viennent des profondeurs de l'espace céleste. Le retour des comètes déjà observées ; les nouvelles comètes qui paraîtront ; l'apparition de celles qui mues dans des orbes hyperboliques, doivent errer de système en système ; les perturbations que tous ces astres font éprouver aux mouvemens planétaires ; celles qu'ils éprouvent eux-mêmes, et qui à l'approche d'une grosse planète, peuvent changer entièrement leurs orbites; enfin les altérations que les mouvemens et les orbes des planètes et des satellites reçoivent de la part des étoiles, et peut-être encore, par la résistance de milieux éthérés ; tels sont les principaux objets que le système solaire offre aux recherches des astronomes et des géomètres futurs.

L'Astronomie, par la dignité de son objet et par la perfection de ses théories, est le plus

beau monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. Séduit par les illusions des sens et de l'amour-propre, l'homme s'est regardé long-temps, comme le centre du mouvement des astres, et son vain orgueil a été puni par les frayeurs qu'ils lui ont inspirées. Enfin, plusieurs siècles de travaux ont fait tomber le voile qui cachait à ses yeux, le système du monde. Alors il s'est vu sur une planète presque imperceptible dans le système solaire dont la vaste étendue n'est elle-même, qu'un point insensible dans l'immensité de l'espace. Les résultats sublimes auxquels cette découverte l'a conduit, sont bien propres à le consoler du rang qu'elle assigne à la terre; en lui montrant sa propre grandeur, dans l'extrême petitesse de la base qui lui a servi pour mesurer les cieux. Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connaissances, les délices des êtres pensans. Elles ont rendu d'importans services à la Navigation et à la Géographie; mais leur plus grand bienfait est d'avoir dissipé les craintes produites par les phénomènes célestes, et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature; erreurs et craintes qui renaîtraient promptement, si le flambeau des sciences venait à s'éteindre.

FIN.

648454

Digitized by Google